OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

VERSION EXPERIMENTALE

RESUME THEORIQUE & GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES

MODULE 18	IMPLANTATION DES OUVRAGES

SECTEUR : BTP

SPECIALITE : CHEF DE CHANTIER TRAVAUX PUBLICS

NIVEAU : TECHNICIEN

REMERCIEMENTS

La DRIF remercie les personnes qui ont contribué à l'élaboration du présent document.

Pour la supervision :

M. Khalid BAROUTI	Chef projet BTP
Mme Najat IGGOUT	Directeur du CDC BTP
M. Abdelaziz EL ADAOUI	Chef de Pôle CDC /BTP

Pour la conception :

M. Pavel Tsvetanov	Formateur animateur CDC/BTP

Pour la validation :

Mme GUNINA Fatna	Formatrice animatrice au CDC /BTP

Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme.

DRIF

SOMMAIRE

MODULE20 : IMPLANTATION DES OUVRAGES

Durée : 25 h

OBJECTIF OPERATIONNEL

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit utiliser les instruments et de réaliser implantation d'un ouvrage du chantier selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

CONDITIONS D'EVALUATION

- Individuellement
- A partir des exercices
- A partir de test à compléter.
- A partir de situations simulées..

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- Utilisation adéquate des instruments d'implantation.
- Respect de normes des dessins (plans d'exécution).
- Appliquer les normes d'implantation d'un ouvrage.

PRECISIONS SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU	CRITERES PARTICULIERS DE PERFORMANCE
A- Utiliser le projet d’exécution	• Analyser le projet. • Définir les types des travaux liés avec implantation. • Définir les éléments d’implantation.
B- Utiliser les instruments adéquatement	• Respect des normes d’utilisation • Utilisation conforme à l’implantation. • Choix des instruments.
C- Réalisation d’implantation	• Respect du projet d’exécution. • Mise en station d’instrument • Respect des normes et des méthodes d’implantation;
D- Contrôler l’implantation.	• Respect des normes d’instrument • Analyser les conditions réelles du chantier.

RESUME THEORIQUE

1- Notions générales :

1.1. TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES

La *topographie* est la technique qui a pour objet l'exécution, l'exploitation et le contrôle de: observations concernant la position planimétrique et altimétrique, la forme, les dimensions e l'identification des éléments concrets, fixes et durables, existant à la surface du sol à un momen donné ; elle fait appel à l'électronique, l'informatique et les constellations de satellites.

La *planimétrie* est la représentation en projection plane de l'ensemble des détails à deux dimen sions du plan topographique ; par extension, c'est aussi l'exécution des observations corres pondantes et leur exploitation.

L'*altimétrie* est la représentation du relief sur un plan ou une carte ; par extension, c'est auss l'exécution des observations correspondantes et leur exploitation.

Les travaux topographiques peuvent être classés en six grandes catégories suivant l'ordre chro nologique de leur exécution.

1.1.1. LE LEVÉ TOPOGRAPHIQUE

C'est l'ensemble des opérations destinées à recueillir sur le terrain les éléments nécessaires : l'établissement d'un plan ou d'une carte.

Un levé est réalisé à partir d'*observations* : actions d'observer au moyen d'un instrument permettant des mesures ; par extension, « les observations » désignent souvent les résultats de ces mesures.

La phase d'un levé topographique, ou d'une implantation , qui fournit ou utilise les valeurs numériques de tous les éléments planimétriques et altimétriques est appelée *topométrie* ; généralement, la topométrie est la technique de levé ou d'implantation mise en œuvre aux grandes et très grandes échelles.

Un levé est réalisé à partir d'*observations* : actions d'observer au moyen d'un instrument permettant des mesures ; par extension, « les observations » désignent souvent les résultats de ces mesures.

La phase d'un levé topographique, ou d'une implantation , qui fournit ou utilise les valeurs numériques de tous les éléments planimétriques et altimétriques est appelée *topométrie* ; généralement, la topométrie est la technique de levé ou d'implantation mise en œuvre aux grandes et très grandes échelles.

1.1.2. LES CALCULS TOPOMÉTRIQUES

Ils traitent numériquement les observations d'angles, de distances et de dénivelées, pour fournir les *coordonnées rectangulaires* planes : abscisse X, ordonnée Y et les *altitudes* Z des points du terrain, ainsi que les superficies ; en retour, les calculs topométriques exploitent ces valeurs pour déterminer les angles, distances, dénivelées non mesurées, afin de permettre notamment les implantations.

1.1.3. LES DESSINS TOPOGRAPHIQUES

L'*échelle* d'un plan ou d'une carte est le rapport constant entre une distance mesurée sur le papier et la distance homologue du terrain : $\frac{P}{T} = \frac{1}{E}$.

On distingue trois types d'échelles :

– petite échelle : $100\,000 \leq E$;

– moyenne échelle : $10\,000 \leq E \leq 100\,000$;

– grande échelle : $E < 10\,000$, en général $\frac{1}{5\,000}, \frac{1}{2\,000}, \frac{1}{1\,000}$, l'appellation « très grande échelle » s'appliquant plutôt au $\frac{1}{500}, \frac{1}{200}, \frac{1}{100}, \frac{1}{50}$.

Un dessin topographique est la représentation conventionnelle du terrain à grande échelle.

L'appellation *plan topographique* s'applique généralement au plan qui représente les éléments planimétriques apparents, naturels ou artificiels, du terrain et porte la représentation conventionnelle de l'altimétrie.

1.1.4. PROJETS D'AMÉNAGEMENT

Ce sont les projets qui modifient la planimétrie et l'altimétrie d'un terrain : aménagements fonciers comme le remembrement avec les travaux connexes, lotissements avec l'étude de Voirie et Réseaux Divers (VRD), tracés routiers et ferroviaires, gestion des eaux : drainage, irrigation, canaux, fossés, etc.

1.1.5. IMPLANTATIONS

Les projets d'aménagement sont des « produits intellectuels », établis généralement à partir de données topographiques, qui doivent être réalisés sur le terrain. Pour ce faire, le topographe implante, autrement dit met en place sur le terrain, les éléments planimétriques et altimétriques nécessaires à cette réalisation.

2—INSTRUMENTS TOPOGRAPHIQUES

A- LES AXES.

a) Nord Lambert (NL ou Y)

Direction des Y positifs en un point. Le Nord du quadrillage.

b) Nord géographique (NG)

Direction du point vers le pôle nord. En un point donné la direction du nord du quadrillage Lambert (ou axe des Y positifs) n'est confondue avec le nord géographique que le long du méridien origine.

L'angle entre le nord Lambert et le nord géographique est appelé « convergence des méridiens ».

c) Nord magnétique (NM)

Direction de la pointe bleue de l'aiguille aimantée. Elle varie dans le temps et est influencée par les corps magnétiques proches du lieu d'observation.

B/LES INSTRUMENTS

LES INSTRUMENTS POUR MESURES DES DISTANCES.

a) Le mètre ou le double mètre

Ruban métallique enroulé dans un boitier. D'un maniement aisé il est utilisé pour la mesure de détails (hauteur des tourillons, mesures en renforcement…..).

b) Le pas ou le double pas

Cette méthode permet de mesurer rapidement les dimensions de certains détails pour les levés à petit échelle (1/2 000 et en - dessous). Elle permet égale – ment de vérifier si une erreur importante n'a pas été commis sur la mesure d'une distance.

c) Le télescomètre ou « télescopique »

Il remplace les règles en bois et en métal utilisées jadis. Constitué de plusi - eurs

éléments coulissants, il est télescopique et rigide, et permet de mesurer avec précision des détails jusqu'à 5 m.

Surtout utilisé pour les mesures dans les parties bâties, il peut être manié par un seule personne.

d) La chaîne d'arpenteur

Présentant de nombreux inconvénients (maillons de fil de fer, reliés entre eux par les anneaux) elle est actuellement abandonnée.

e) Le ruban (étalon à bouts)

Il est en acier ou en inox, de longueurs 10, 20, 30 ou 50 m, il est bien adap – té pour tous les travaux topo métriques.

Le ruban porte : *tous les mètres* une plaque de cuivre indiquant la distance :

- tous les 20 cm un rivet et une rondelle de cuivre,
- tous les 10 cm (impairs) un rivet de cuivre ou un simple trou.

Les mètres sont souvent indiqués sur les deux faces, en sens opposés, de façon à pouvoir donner la distance à partir de l'une quelconque des deux poignées.

Certains rubans ont une chiffrage centimétrique.

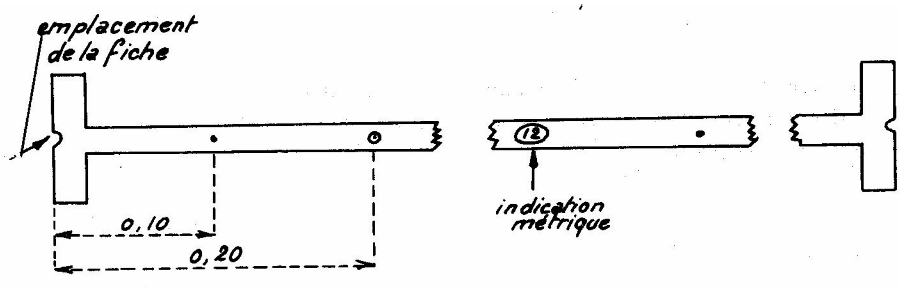


Fig. 21

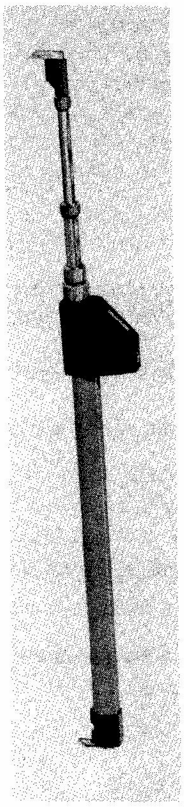
f) La roulette (étalon à traits)

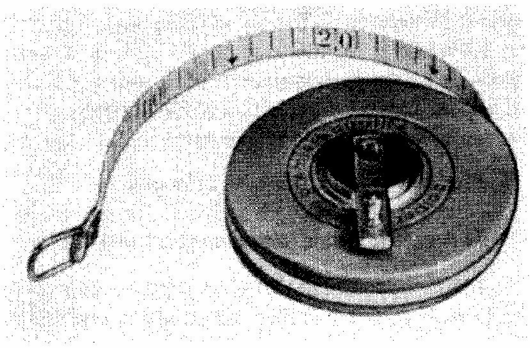
Montée dans un boîtier, elle est d'un emploi plus aisé.Elle est munie, soit d'un ruban plastifié (très sensible aux différences de températures, allongement important) soit d'un ruban d'acier, de 10, 20, 30 ou 50 m. Graduations tous les centimètres. L'anneau des rubans à roulette n'est pas compris dans la longueur.

Malgré l'utilisation de plus en plus courante des roulettes, les rubans restent l'instrument le plus précis pour les raisons suivantes :

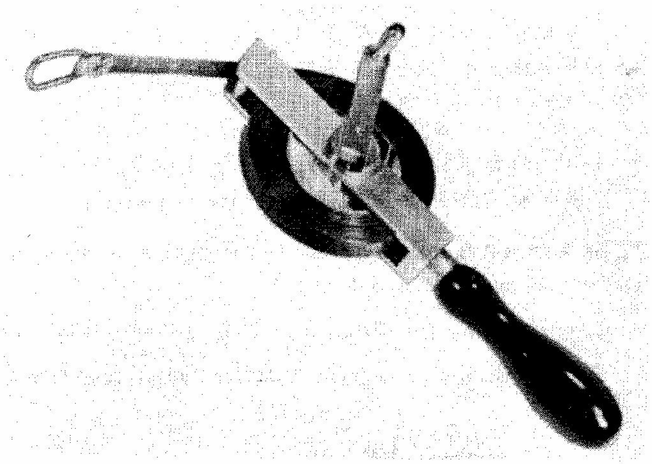
- Les mesures sont faites « bout à bout », les poignées articulées étant com - prises dans la longueur.

- Les poignées possèdent des canelures demi circulaires du même diamètre que les fiches.





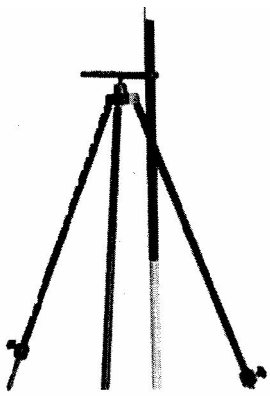
Roulette à ruban en acier inox



Télescopic *Roulette à manche*

LE JALONNEMENT

Un jalon est un tube métallique de 200 x 3 cm environ, constitué de un ou plusieurs éléments, peint en rouge et blanc, enfoncé par percussions successives dans un sol meuble, maintenu par un trépied léger sur une surface dure, comme un trottoir asphalté par exemple (fig. 23).



porte-jalon

Fig. 23

Tous les points d'une verticale ayant la même image topographique,
la verticalité du jalon est réalisée à l'estime ou en le plaçant à l'intersection de deux plans verticaux perpendiculaires définis par l'œil de l'opérateur et par un fil à plomb tenu à bout de bras.

Le *jalonnement* consiste à aligner plusieurs jalons entre deux autres, afin de disposer de repères intermédiaires au cours du mesurage.

LES AUTRES INSTRUMENTS

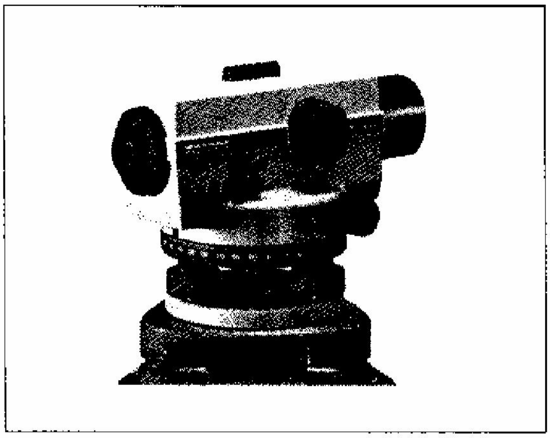
le niveau de chantier :

Pour déterminer des différences de niveau **avec précision** et sur de grandes distances, il est nécessaire de définir la ligne de visée à l'aide d'un instrument approprié : le niveau. Il existe de nombreux types de niveaux, à commencer par le niveau automatique, qui vous est présenté ci-après.

Niveau automatique ou de chantier

Pour définir une ligne de visée, tous les niveaux sont équipés d'une lunette grossissante permettant de faire des lectures horizontales avec précision sur une mire. Les niveaux automatiques (figure 2.1) ont la particularité de pouvoir être mis en station rapidement et précisément.

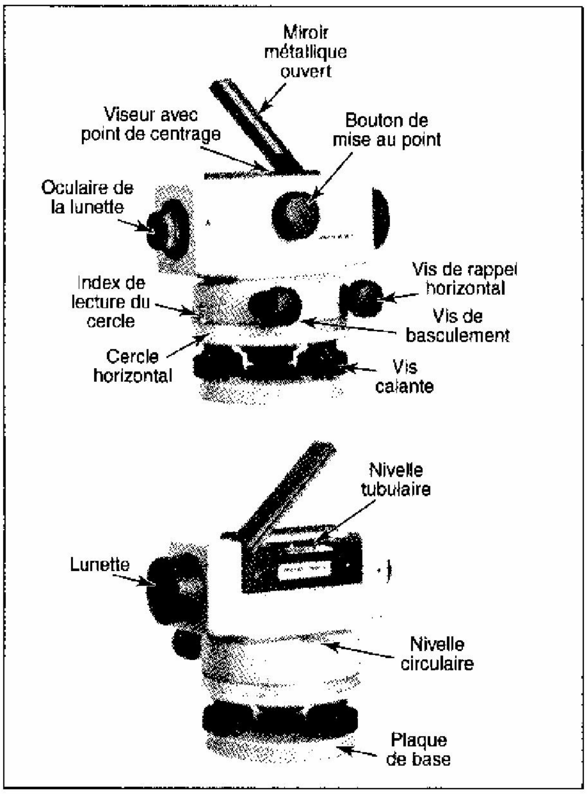
Figure 2.1 Niveau automatique



Leica

Les ajustements des niveaux automatiques varient en fonction des modèles et des fabricants. Cependant, les principales composantes des niveaux demeurent identiques. La figure 2.2 vous montre ces composantes.

Figure 2.2 Composantes d'un niveau

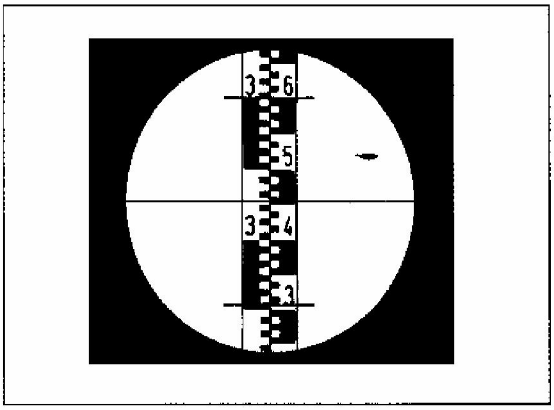


Leica

Pour niveler avec un niveau automatique, il suffit de caler l'axe vertical de l'instrument à l'aide de la nivelle circulaire et d'effectuer les mesures immédiatement après. Suite à la mise en station que vous verrez un peu plus loin, vous avez donc quatre opérations à exécuter :

- diriger la lunette sur la mire à l'aide de son viseur (4);
- obtenir une image nette à l'aide du bouton de mise au point (6);
- pointer le centre de la mire avec la vis de rappel horizontal (7);
- lire la mire (fil horizontal du réticule, figure 2.3).

Figure 2.3 Réticule



Lorsque vous regardez par l'oculaire (3), vous devez voir parfaitement une croix qui se nomme **réticule.** La mise au point se fait à l'aide de la vis de l'oculaire. C'est la ligne horizontale qui vous donne la lecture sur la mire.

Les niveaux sont munis d'un **cercle horizontal** (1 de la figure 2.2 et figure 2.4) vous permettant de mesurer des angles suivant la gradation en degrés ou en grades (1/400e d'un cercle).

Les **éléments constitutifs d'un niveau** sont les suivants :

- 1. Embase
- 2. Vis calantes (3 vis)
- 3. Rotation lente
- 4. Mise au point sur l'objet
- 5. Objectif
- 6. Viseur d'approche rapide
- 7. Oculaire
- 8. Anneau amovible
- 9. Contrôle de l'automatisme
- 10. Compensateur à pendule
- 11. Cercle horizontal (option sur le NA2)
- 12. Nivelle sphérique (invisible ici)

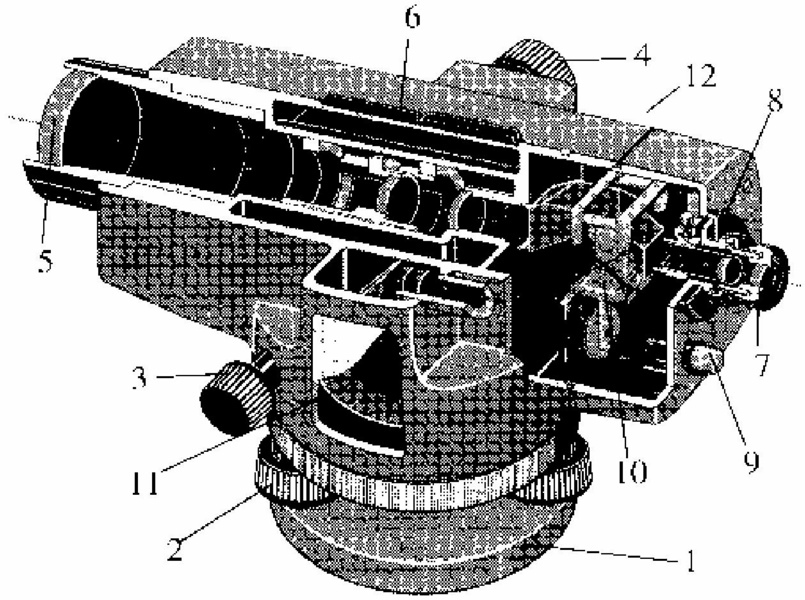


Fig.81 *: NAK2 (vue en coupe)*

Voir TPN°1 : Mise en station d'un un niveau de chantier

La mire :

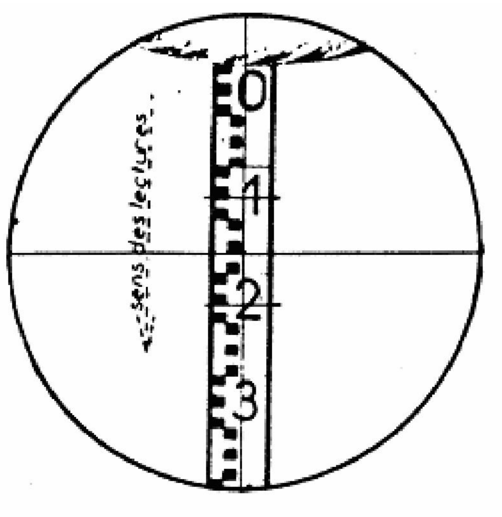
En travaux topographiques, des mesures et des lectures précises ne sont possibles qu'avec des mires .
I1 existe plusieurs types de mires suivant leur présentation et leur graduation.

Dans le modèle ci-contre sont représentés :

- Les centimètres petits rectangles alternativement blanc et noir.'
- Les décimètres chiffres de 0 à 9 situés dans un intervalle de 10 cm limité par deux traits.
- Les mètres points placés au-dessus de chaque chiffre décimétrique.
  1 point = 1 mètre
  2 points = 2 mètres etc.

Observation

Les lunettes donnent quelquefois des images renversées.
Les chiffres dessinés à l'envers sur la mire apparaissent à l'endroit dans la lunette, mais les lectures doivent être faites de haut en bas sur le réticule.

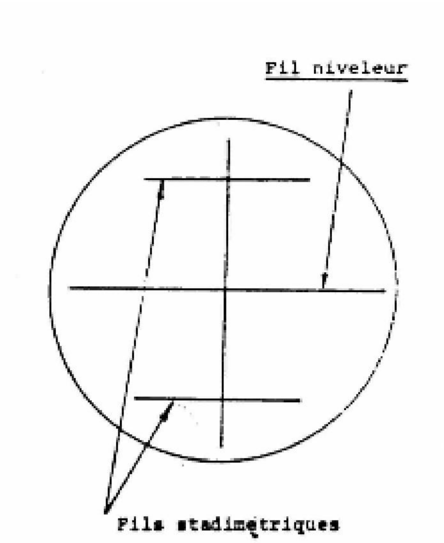


Lecture de la mire

La lecture de la mire doit se faire en énonçant mille pour 1e chiffre des mètres, cent pour les décimètres, dix pour les centimètres et unité pour les millimètres.
L'évaluation des mètres se fait en l'absence de point, par le premier chiffre du nombre figurant sur la mire.
L'évaluation des décimètres se fait, soit par la lecture du chiffre situé dans 1a case, soit par la lecture du dernier chiffre du nombre.
L'évaluation des centimètres se fait en comptant le nombre de divisions (de haut en bas), soit dans le premier groupe des 5 cm, soit dans le deuxième groupe et se lit alors cinquante, soixante, etc.

L'évaluation des millimètres se fait à l'estime.

Lecture sur mire



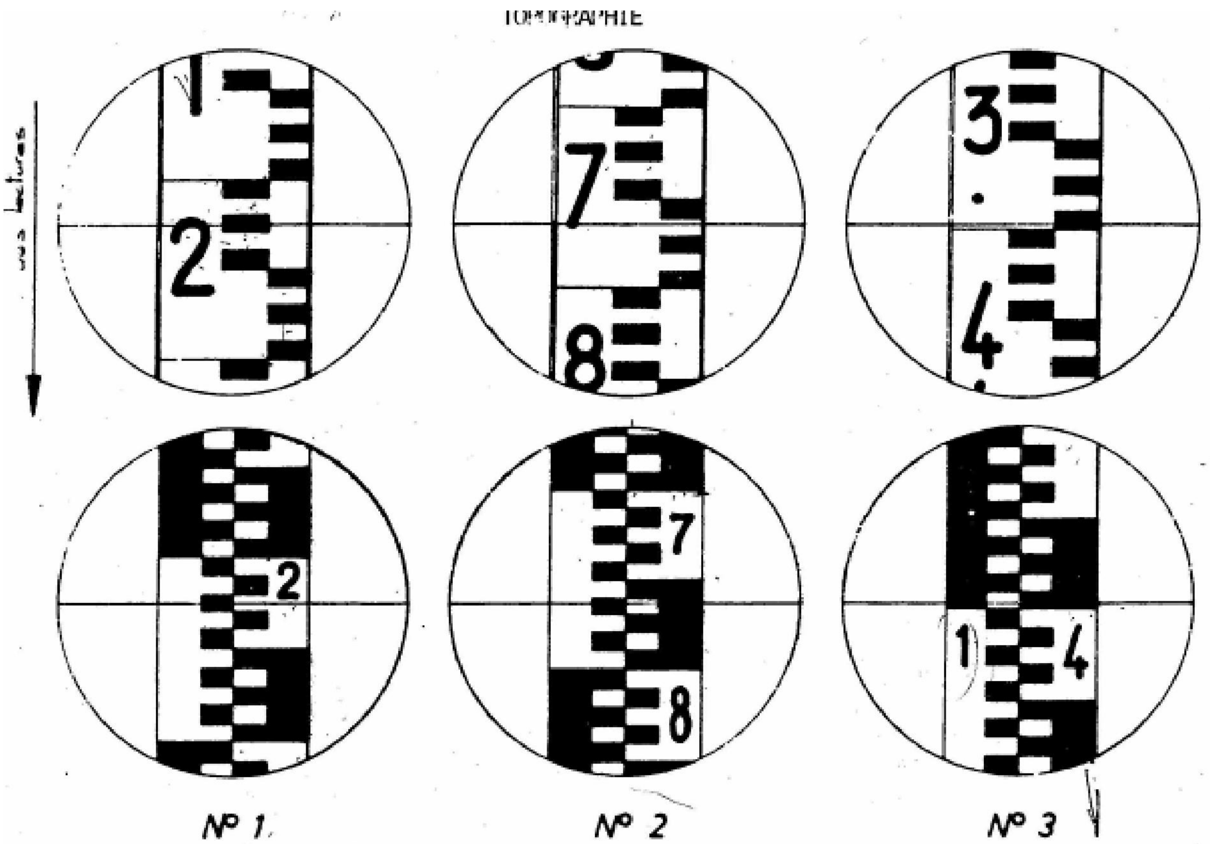
a- Lecture au fil niveleur

Amener le trait vertical du réticule dans l'axe de la mire à l'aide de la vis de rappel en azimut. Effectuer la lecture.
Si plusieurs lectures sont faites de la même station, vérifier avant chaque lecture la coïncidence des demi bulles.

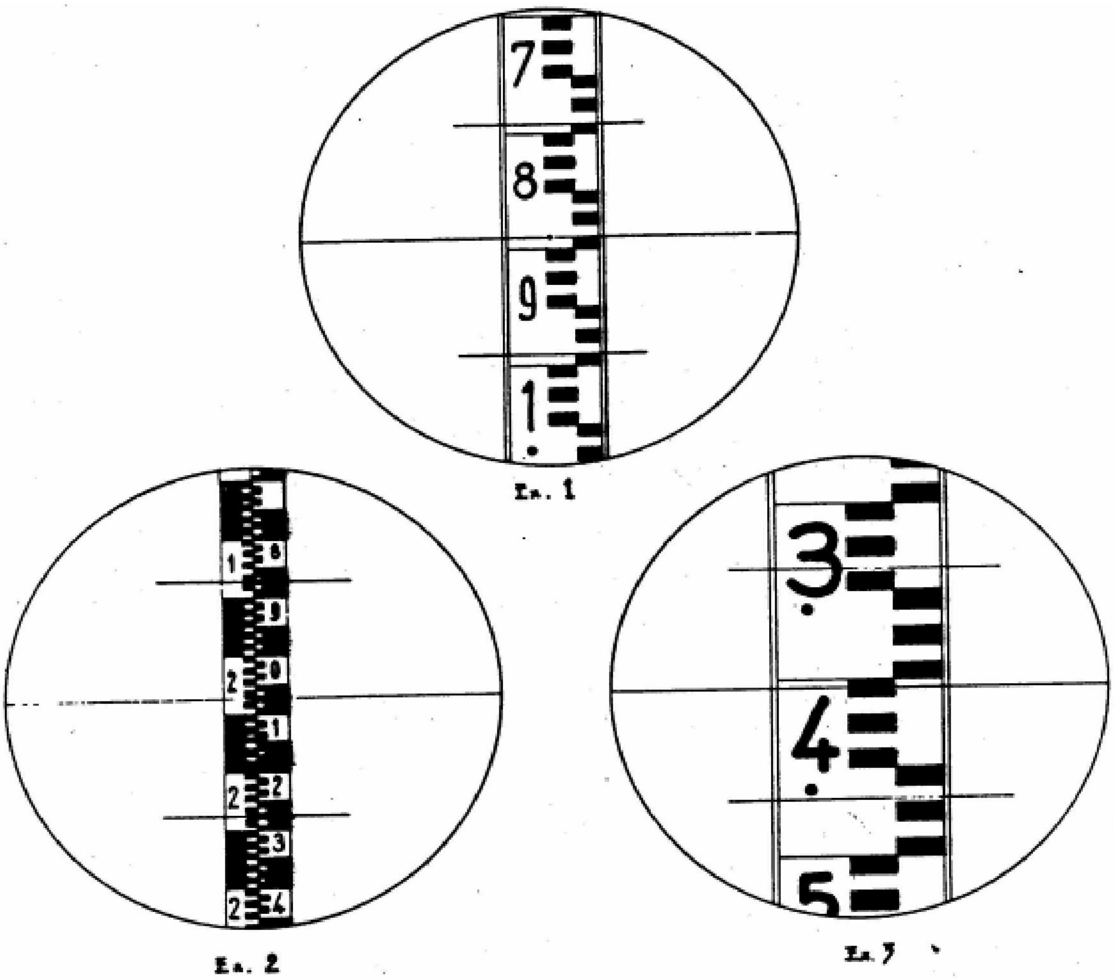
b- Lectures aux fils stadimétriques

La demi somme des lectures aux fils stadimétriques est égale â la lecture du fil niveleur.

La différence des lectures aux fils stadimétriques multipliée par 100 donne la distance entre le niveau et la mire.



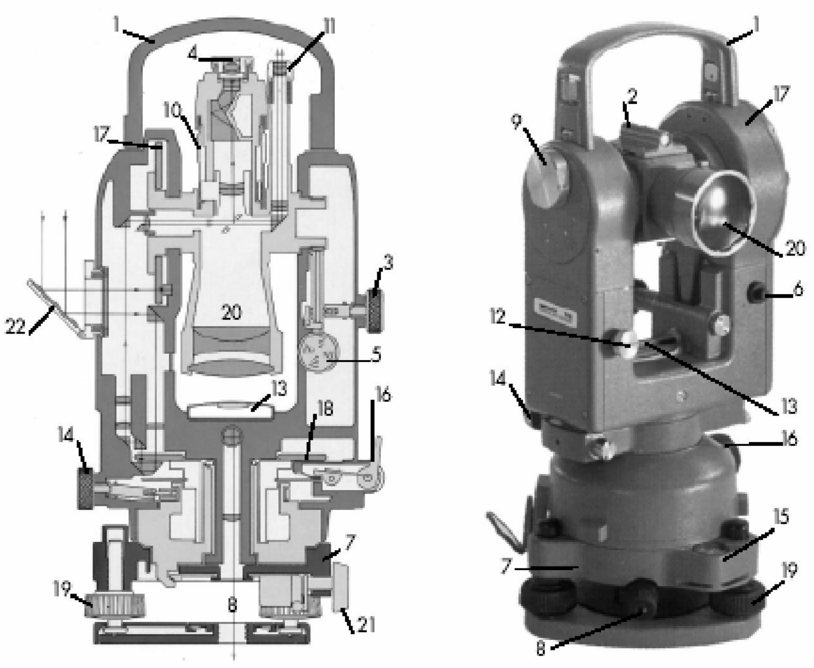
Détail des lectures	Lectures		
	Ex1	Ex2	Ex3
1°/ Détermination du chiffre des mètres : points ou chiffre : (se dit mille)	0	0	1
2°/ Détermination du chiffre des décimètres : chiffre de la case : (se dit cent)	2	7	3
3°/ Détermination du centimètres : nombre de case sous le trait supérieur de la mire se lit de zéro à quatre vingt dix	2	6	9
4°/ Détermination des chiffres des millimètres : fraction comprise et estimé à vue entre le dernier trait des unités et le fil du réticule se lit de zéro à neuf	5	3	7
Lecture de la hauteur	0.225	0.763	1.397



Lectures	Exemples 1	Exemple 2	Exemple 3
Fil niveleur	890	2075	1404
Demi somme Somme	890 1780	2075 4150	 2806
Fil stadimétrique (1) Fil stadimétrique (2)	990 790	2275 1875	1468 1338
Différence d	200	400	130
Distance x100	20000m/m 20 mètres	40000 m/m 40mètres	13000 m/m 13 mètres

- Le théodolite :

Ci-dessous deux **théodolites Wild (Doc. Leica).**



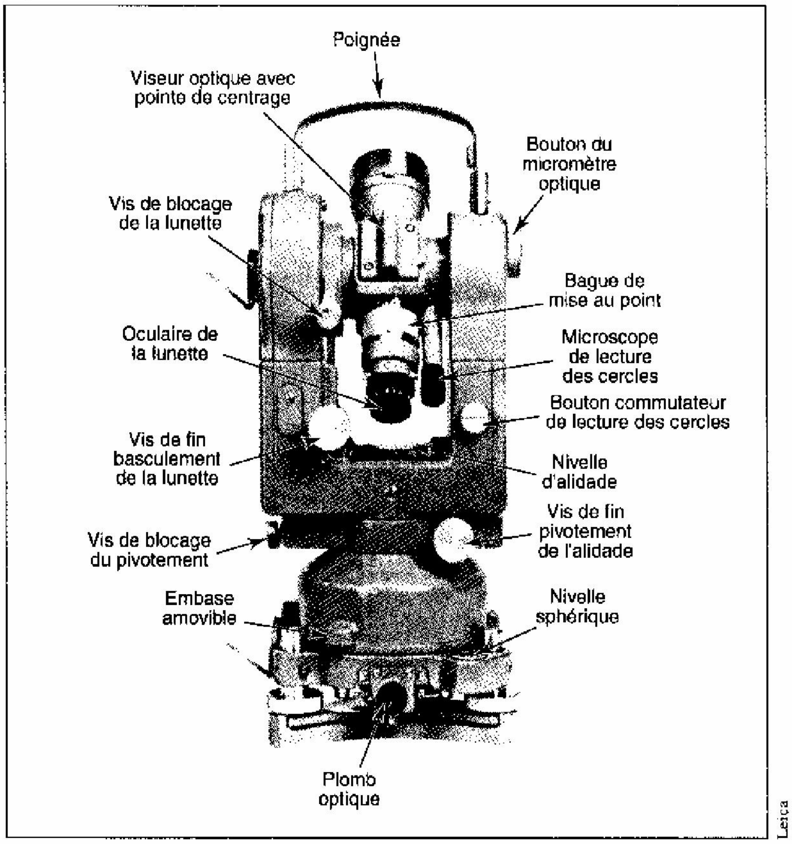
T16 (coupe) **T2 vue extérieure**

Légende

1. Poignée amovible	12. Commutateur de lecture Hz-V
2. Viseur d'approche	13. Nivelle d'alidade
3. Vis de blocage de la lunette	14. Vis d'alidade de fin pointé
4. Oculaire de la lunette	15. Nivelle sphérique
5. Vis de fin pointé	16. Débrayage du limbe (T 16)
6. Contrôle d'automatisme	17. Cercle vertical
7. Embase amovible	18. Cercle horizontal
8. Plomb optique	19. Vis calantes
9. Micromètre optique	20. Objectif
10. Bague de mise au point	21. Blocage de l'embase
11. Microscope de lecture	22. Éclairage des cercles

Le théodolite est un appareil de base pour les mesures topographiques. Il est construit avec trois axes, autour desquelles on peut tourner le tube optique. Il y a deux cercles – horizontal et vertical. On peut mesurer deux types des angles – horizontaux et verticaux. Les deux cercles sont gradués en grades. Ils sont cachés dans la construction de l'appareil et on peut faire des lectures sur eux avec grande précision sur un écran. Avec H_Z sont les angles horizontaux et avec V sont marqués les angles zénithaux. Graduation du cercle verticale commence par 0, qui se trouve au point de zénith, 100gr sur le horizon et 200gr au point de nadir. Dans le tube optique se trouve le réticule et on mesure toutes les distances optiques. La figure 2.6 vous montre toutes les composantes d'un théodolite.

Figure 2.6 Composantes d'un théodolite



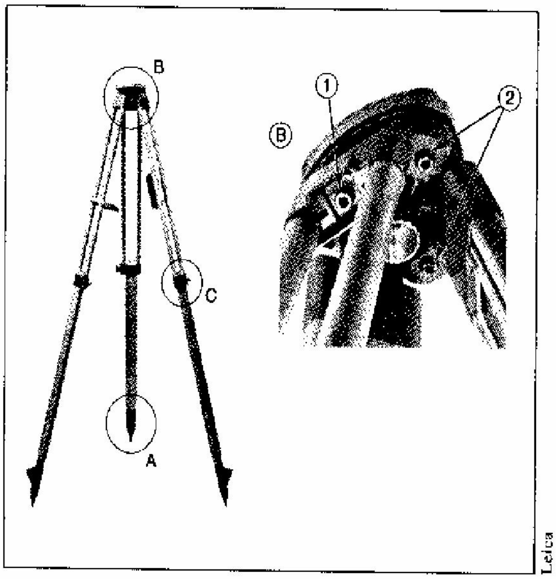
Les travaux que vous exécuterez avec théodolite sont entre autres :

- relevés altimétriques;
- mesures d'angles horizontaux;
- élévation d'un point précis au sol à un chevalet d'alignement.

Trépied

Tous les instruments (niveau de chantier, théodolite, niveau laser) ont besoin d'une très bonne base (stabilité) pour pouvoir vous donner des lectures précises. Cette base, c'est le trépied. (figure 2.10)

Figure 2.10 Le trépied



Le trépied est constitué de trois pattes ajustables (généralement en bois ou en aluminium) réunies par des pièces métalliques. Les éléments métalliques doivent être serrés de manière à assurer un bon étrésillonnement des pattes et une bonne liaison avec la tête (B) et les pointes du trépied (A).

Les vis (1B) ne doivent pas être trop serrées, de façon à conserver une certaine élasticité au bois. Les écrous (2B) servent à régler le mouvement des pattes, qui doit être léger, tout en permettant de maintenir l'écartement.

Les pointes du trépied (A) doivent être parfaitement stables sur le sol. Les vis au centre des pattes (C) permettent d'ajuster la hauteur de l'instrument à une position confortable pour l'opérateur ou l'opératrice et de faire la correction du dénivellement du terrain de façon à ce que la **tête** du trépied soit approximativement au niveau, avant d'installer l'instrument sur celle-ci.

Mise en station d'un théodolite

La station pour les mesures est fixée sur le terrain avec un piquet en bois ou en fer et on pose le théodolite exactement sur le point avec le fil à plomb dirigé par les trois pieds du trépied, ou par un dispositif optique avec un petit cercle qui doit tomber sur le centre dirigé de niveau par les trois pieds du trépied. Après se centrage on commence le horizontalement de l'appareil avec les trois vises successivement comme chez le niveau de chantier.

Quand la bulle de la nivelle se trouve au centre par n'importe quelle position du tube le théodolite est centré sur le point de station et il est horizonté mais ce n'est pas toujours de niveau.

Pour ce faire : placer la nivelle tubulaire parallèlement à 2 vis calant, amener la nivelle tubulaire entre ses repères par réglage de l'une des deux coulisses de ces 2 pieds en posant sa chaussure sans pression sur le sabot sollicité (pour éviter que ce dernier ne remonte).

L'axe principal de l'appareil se déplacera ainsi dans un cône qui à pour sommet le point de station.

Tournez la lunette azimut halement de 100gr, donc troisième vis calant. De même, amener la nivelle tubulaire entre ses repères par réglage de la coulisse du pied P_3. Manipuler les coulisses avec précision.

L'APPAREIL DOIT ÊTRE DE NIVEAU.

Vérifiez toutefois la concentricité du centre optique du plomb avec le point de station.

Mesures avec le théodolite

On doit savoir qu'il y a deux types de tubes optiques au point de vue de l'image – avec limage droite où inverse. Selon ça on doit choisir la mire – avec l'image droite où inverse. La mire doit rester toujours verticalement pendant les mesures. On doit faire sur le terrain cinq mesures sur chaque point et de fixer ces lectures dans le carnet. Ces cinq lectures sont sur :

1. fil stadia en haut
2. fil stadia en bas
3. fil niveleur
4. angle horizontale
5. angle verticale

Avant le commencement des mesures de chaque station on doit mesurer la hauteur de l'appareil avec une roulette où avec la mire. C'est la distance entre le terrain et l'axe horizontale du théodolite. On doit savoir aussi l'altitude de la première station. Ces choses sont nécessaires pour les formules de nivellement indirect avec le théodolite.

Établissement d'un angle de 100gr

En supposant maintenant que votre théodolite se trouve au dessus du point A de la figure 2.25, voici la marche à suivre pour établir un angle de 100gr.

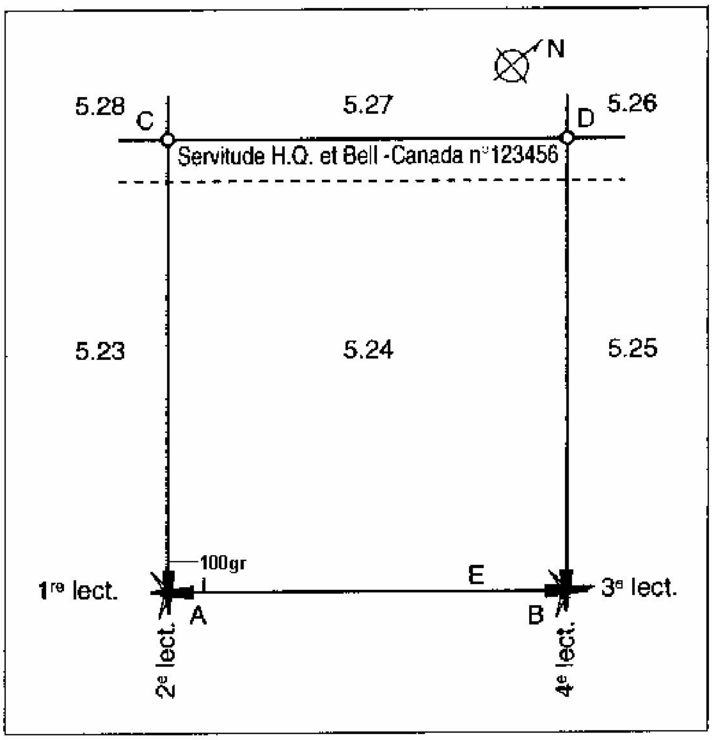


Figure 2.25 Établissement d'un angle droit

1. Établissez un point B.
2. Dirigez la lunette vers le point B (un aide devra tenir une mire ou une baguette sur ce point). La lecture se fait sur le fil vertical du réticule.

Pour une lecture précise, l'aide devrait maintenir la mire bien verticale à l'aide de la nivelle ou d'un niveau de menuisier.

3. Stabilisez la lunette dans cette position et faites votre première lecture.
4. Finalisez l'ajustement de la lunette avec la vis de rappel horizontal jusqu'à ce que le fil vertical du réticule concorde avec la mire et placez le cercle horizontal en concordance avec l'index de lecture.
5. Pivotez la lunette vers le point C jusqu'à ce que le cercle horizontal vous indique 100gr en concordance avec l'index de lecture.
6. Stabilisez la lunette dans cette position et faites la seconde lecture.
7. Faites déplacer l'aide avec la mire face au fil vertical du réticule (la mire devant toujours être au niveau).
8. Marquez au sol le point C.

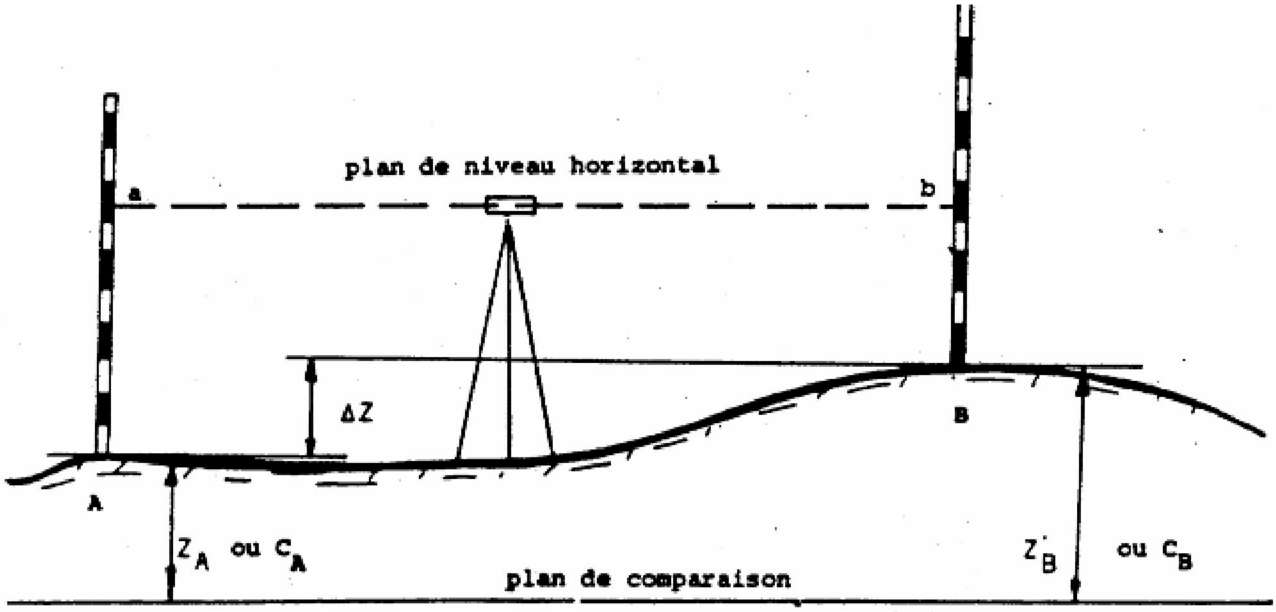
La précision des points B et C dépend de la précision de la verticalité de la mire. Le cercle horizontal, lui, est très précis.

9. En déplaçant votre instrument sur le point B, en répétant les étapes précédentes et en faisant la troisième lecture vers le point A, vous pouvez déterminer le point D (quatrième lecture). Vous aurez ainsi une ligne BD parallèle à AC.

L'établissement d'un angle droit est encore plus facile avec l'utilisation d'un théodolite. Dans ce cas, à l'étape 2, vous devez basculer la lunette sur l'axe vertical pour repérer le point B et stabiliser la lunette. Faites ensuite les étapes 3 à 5 inclusivement, basculez la lunette sur l'axe vertical et établissez le point C à l'endroit désiré.

Lorsque vous travaillez avec un instrument, vérifiez de temps à autre si la bulle d'air est toujours centrée dans ses repères. La précision de tous vos relevés en dépend.

3-PRINCIPE DE NIVELLEMENT



Le plan de comparaison en un lieu restreint est toujours horizontal.

Avec les niveaux qui sont des appareils pouvant déterminer des plans de visée horizontaux donc parallèles au plan de comparaison, il est aisé de mesurer des différences de hauteurs ou dénivelées.

- Soit par exemple à déterminer la dénivelée entre les points A et B.

Plaçons 2 mires verticales identiques en ces 2 points puis, avec un niveau, déterminons un plan de niveau horizontal qui, parallèle au plan de comparaison, coupera les mires en a et b :

a sera une lecture représentant la grandeur A a

b sera une lecture représentant la grandeur B b

D'après la figure, nous pouvons écrire, suivant la nature du plan de comparaison :

(niveau des mers)

altitude de B = altitude de A + a - b

$$Z_B = Z_A + a - b$$

ou (quelconque)

(cote B = cote de A + a - b

(

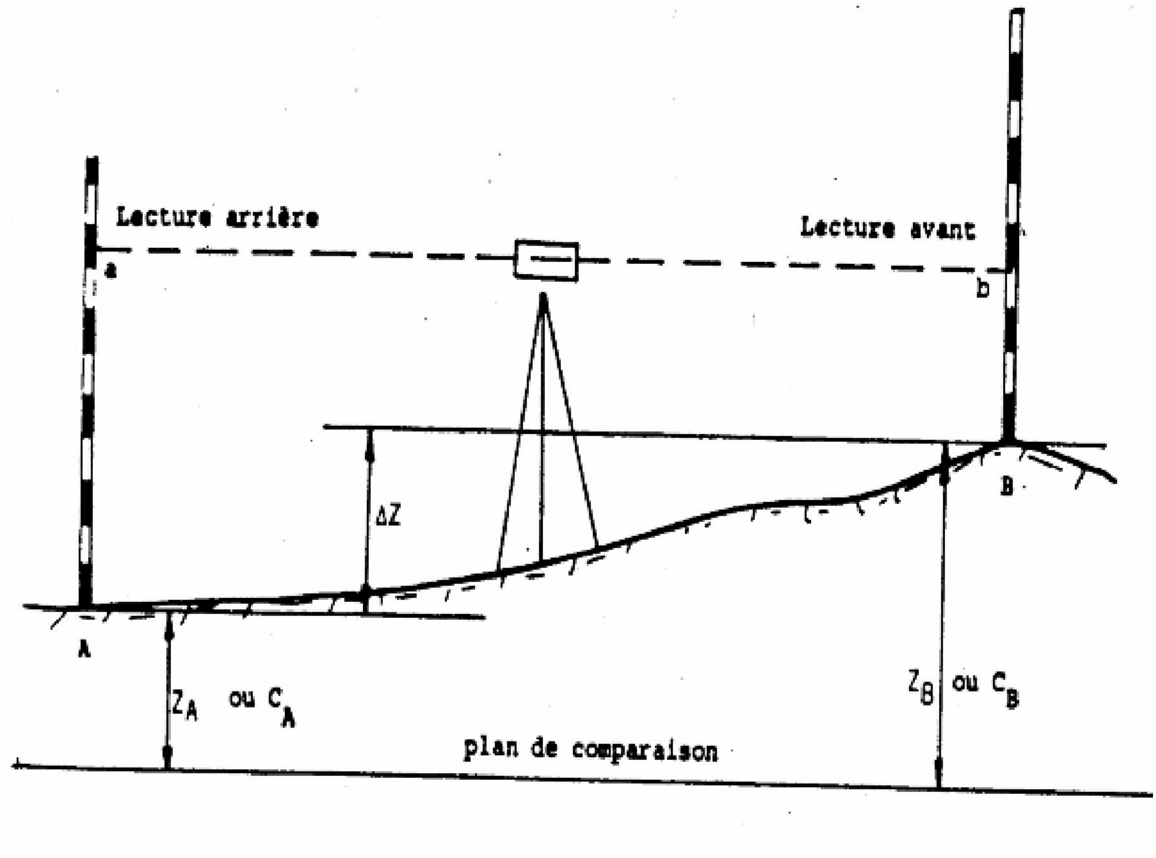
$$(C_B = C_A + a - b$$

$$\Delta Z = Z_B - Z_A = C_B - C_A = a - b$$

La dénivelée entre deux points est égale :

- Soit à la différence des altitudes de ces 2 points,
- Soit à la différence des cotes de ces deux points,
- Soit à la différence des lectures effectuées sur les mires placées sur ces 2 points

1- Marche du nivellement :



Si on veut déterminer l'altitude du point B à partir de celle du point A faut :

- Placer le niveau entre A et B puis établir un plan de visée horizontal.
- Mettre la mire sur A et faire la lecture a.
- Mettre la mire sur B et faire la lecture b.

Le sens de la marche étant de A vers B :

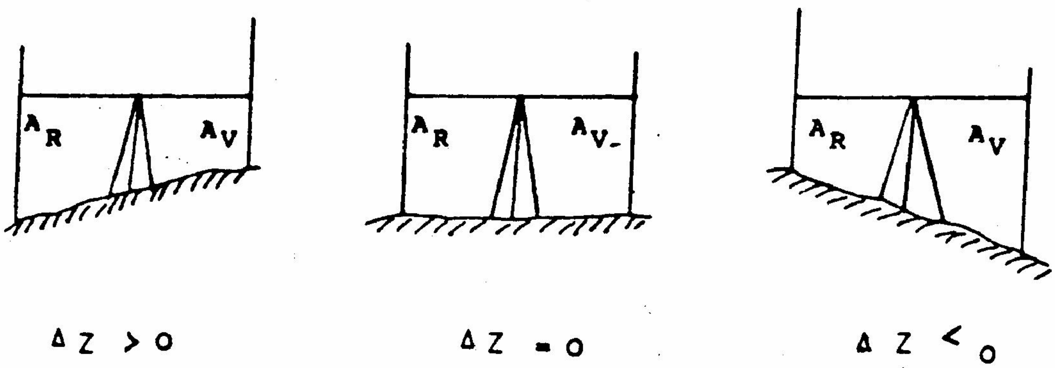
a sera appelée lecture arrière avec pour symbole L_{AR}

b sera appelée lecture avant avec pour symbole L_{AV}

La dénivelée déterminée précédemment :

$\Delta Z = a - b$ devient $Z = L_{AR} - L_{AV}$

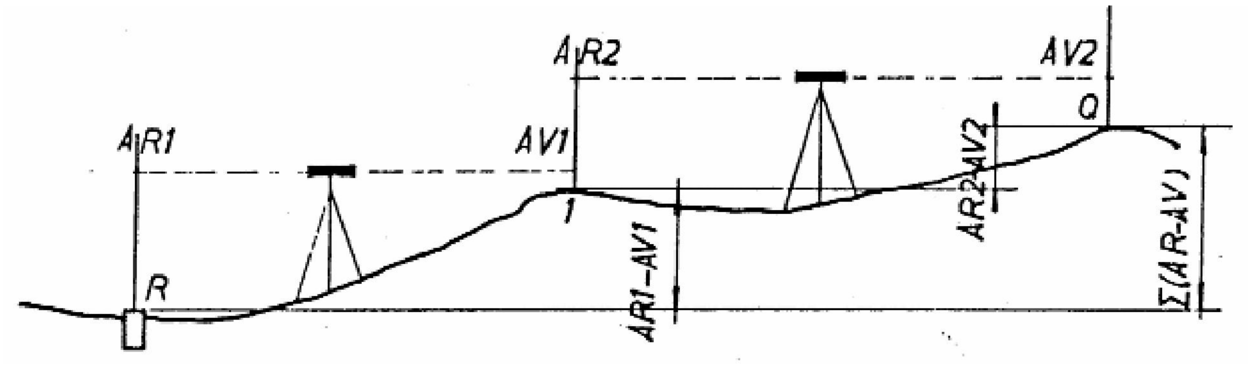
Cette dénivelée peut être positive, nulle ou négative.



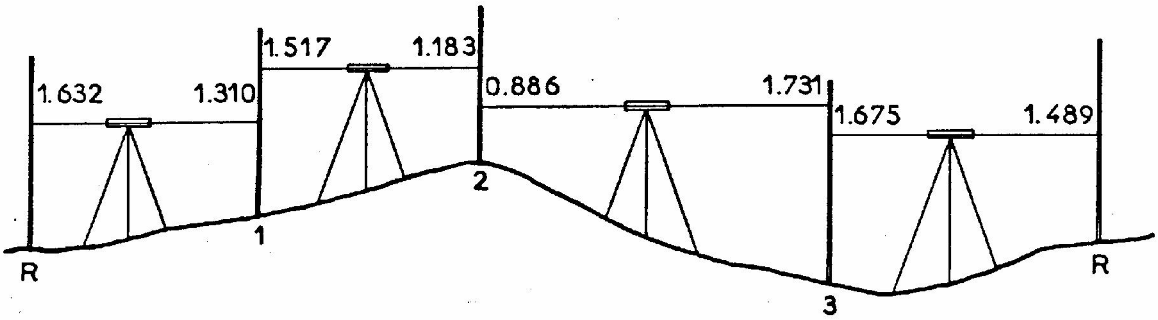
3.32 - Nivellement par cheminement

Se fait en plusieurs stations, quand la différence de niveau entre deux points est supérieure à la longueur de la mire ou quand la distance séparant ces points est plus grande que la portée de l'appareil.

Le principe est le même que pour le nivellement, simple, et ce ne sera, en fait, qu'une suite de nivellements élémentaires, l'opérateur et le porte-mire se déplaçant tour à tour.
Ces nivellements s'ajoutant l'un après l'autre, feront que le point avant de la première station servira de point arrière à la 2e station et ainsi de suite.

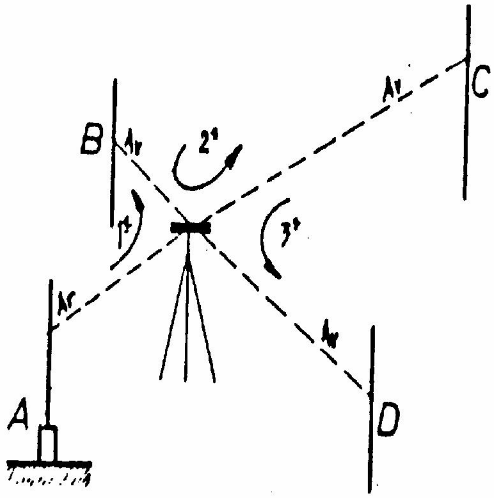

AR1
AV1
AR2
AV2
Q
R
1
AR1–AV1
AR2–AV2
Σ(AR-AV)

Nivellement par cheminement



N° des points	Lecture s/mire +AR	Lecture s/mire -AV	Différences en + en mont.	Différences en - en desct.	Cotes ou Altitudes	Observ.-croquis
R	1.632				167.280	
1	1.517	1.310	0.322		167.602	
2	0.886	1.183	0.334		167.936	
3	1.675	1.731		0.845	167.091	
R		1.489	0.186		167.277	
Totaux	5.710	5.713	0.842	0.845	Ecart de fermeture : 3 mm	
Diff. egales	- 0.003		- 0.003			

3.11 - Nivellement par rayonnement



Lorsque la différence d'altitude entre les points à niveler est inférieure à la longueur de la mire et que leurs distances respectives de l'appareil sont inférieures à la portée optique de ce dernier, on peut opérer le nivellement d'une seule et unique station, c'est ce qu'on appelle le nivellement par rayonnement.

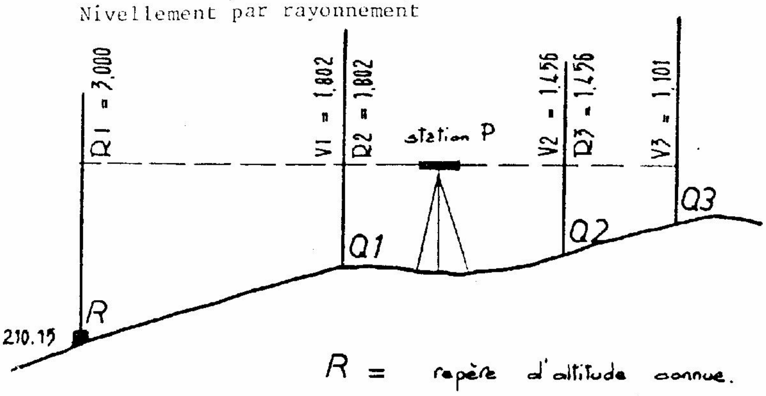
Soit A, le repère d'altitude connue, l'appareil étant en station, il est possible de déterminer les altitudes de B, C et D.

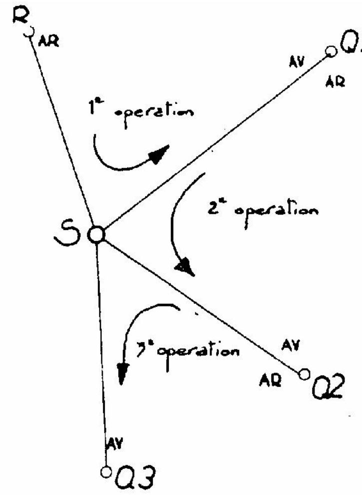
1ère opération : Visée sur A, coup Ar.
Visée sur B, coup Av.

2ème opération : Visée sur B, devient coup Ar.
Visée sur C, coup Av.

3ème opération : Visée sur C, devient coup Ar.
Visée sur D, coup Av.

Exemple de tenue du carnet
Nivellement par rayonnement





R = repère d'altitude connue.
Q = altitudes recherchées.

N° des pts.	distances entre points	distances cumulées	lectures s/mire + arrière	lectures s/mire - avant	différences en + en mont.	différences en — en desc.	cotes ou altitude	observations croquis
R			3,000				210 , 150	repère
					1,198			
Q1			1,802	1,802			211 ,348	
					0,346			
Q2			1,456	1,456			211 , 694	
					0,355			
Q3				1,101			212 , 059	
totaux			6.258	4.359	1,899			
différences égales			+ 1,899		+ 1,899			différence altitude entre R et Q3

NOTA : Dans la pratique, on se dispense de mentionner les cotes arrières intermédiaires car, en fait, il n'y a qu'un seul coup arrière sur R, les autres n'étant que des coups avants.
.cependant, l'inscription de ces cotes permet d'eviter les erreurs et de faire la vérification.

Nivellement indirect avec un théodolite optico – mécanique

Sur de très courtes portées (D_h< 100m), on peut effectuer un nivellement indirect avec

un théodolite optico – mécanique, une chaîne et une mire. La précision obtenue est médiocre mais peut être suffisante dans certains cas, par exemple, pour le calcul d'altitude approchées pour un avant – projet de terrassement.

Cas où la distance suivant la pente *Dp* est mesurable

C'est le cas si le terrain présente une pente régulière entre S et A (fig. 6.3.). On peut alors mesurer directement la distance *Dp* à la chaîne avec une précision correcte (voir estimation ci-après).

La méthode est la suivante : depuis le théodolite stationné en S, l'opérateur vise la mire en interceptant la graduation correspondante à la hauteur des tourillons *ht* de sorte que la visée soit parallèle à la droite SA dont l'opérateur a mesuré la longueur *Dp*. Il lit l'angle *V* correspondant, il mesure *Dp* et en déduit que :

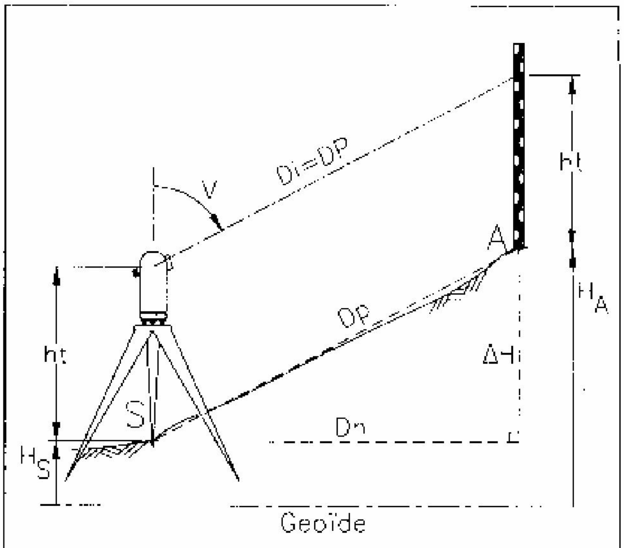


Fig. 6.3. : Distance suivant la pente mesurable

$$Dh = Dp.\sin V$$
$$\Delta H = Dp.\cos V$$
$$H_A = H_S + \Delta H$$

Cas où si la distance suivant la pente *Dp* n'est pas mesurable

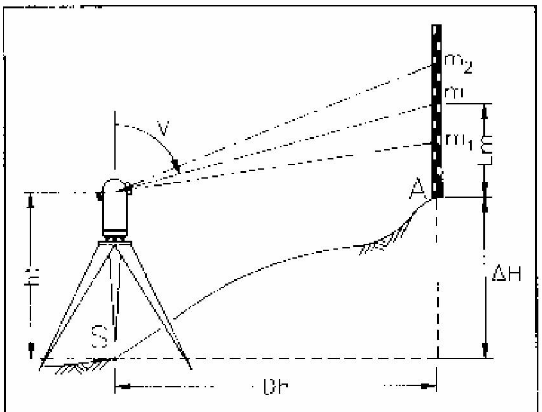


Fig. 6.4. : Distance suivant la pente non mesurable

C'est le cas si la pente est irrégulière, sur un terrain fortement bosselé, par exemple, s'il y a des obstacles, etc.

Méthode

Il faut calculer la distance horizontale *Dh* de la station S à partir des lectures sur une mire posée en A (fig. 6.4.). Sur un tachéomètre optico-mécanique, ceci peut être effectué par stadimétrie avec une précision médiocre (voir stadimétrie en nivellement direct, chapitre 5).

On détermine *Dh* par stadimétrie à partir des lectures m_1, m_2 et *V*.

La dénivelée ΔH est ensuite déterminée par : $\Delta H = ht + Dh \,.\, \text{cotan}\; V - Lm$

$Dh.\cot V$ étant la dénivelée instrumentale notée Δhi.

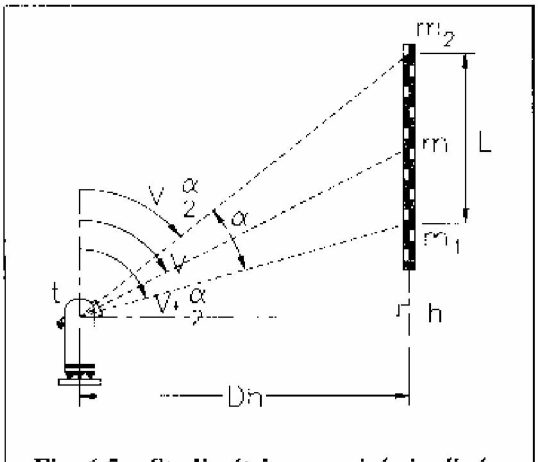


Fig. 6.5. : Stadimétrie avec visée inclinée

Or, on cherche à calculer *Dh* en fonction des lectures m_1 et m_2 sur les fils stadimétriques (fig. 6.5.).

Rappel :

α est l'angle stadimétrique ; la constante stadimétrique correspondante est :

$$K = \frac{1}{2\tan(\alpha/2)} \approx 100$$

Soit *L* la longueur interceptée sur la mire, on a : $L = hm_2 - hm_1$

$$Dh = K \cdot L \cdot \sin^2 V \left[1 - \left(\frac{\cot V}{2K}\right)^2\right] \quad \text{et} \quad \Delta H = ht + D_h \cdot \text{cotan} V - Lm$$

Remarque

Pour $V = 100$ gon, on retrouve l'expression issue de la stadimétrie pour le nivellement direct $Dh = K.L$ où L est la longueur interceptée sur la mire.

Dans la pratique, cette expression est simplifiée en considérant que le terme $\left(\frac{\text{cotan} V}{2K}\right)^2$ est négligeable devant 1. V étant l'angle vertical lu sur une graduation quelconque de la mire, on obtient les expressions approchées employées ci-dessous :

$$Dh = K \cdot L \cdot \sin^2 V$$

$$\Delta H = ht + K \cdot L \cdot \sin V \cdot \cos V = K \cdot L \cdot \frac{\sin(2V)}{2} - Lm$$

4. LEVÉ TACHÉOMÉTRIQUE

Introduction

Peut-être avez-vous déjà vu, en circulant dans un quartier, des personnes en train d'utiliser un appareil topographique. Et peut-être vous êtes-vous alors demandé : « Mais que font-ils? » Il s'agissait d'une brigade topographique en train d'effectuer un levé de détails en milieu urbain en se basant sur les points d'appui du système local.

Dans ce chapitre, divisé en deux sections, vous acquerrez les connaissances nécessaires pour effectuer des levés planimétriques et altimétriques ainsi que pour interpoler des courbes de niveau.

1 NOTIONS PRÉLIMINAIRES

On appelle **levé tachéométrique** l'ensemble des opérations permettant la mesure des angles, des distances et des dénivelés à l'aide d'un tachéomètre et de ses accessoires (trépied, mire...). Le levé tachéométrique est un type de levé topographique.

Saviez-vous que...

Le mot tachéomètre se compose de deux racines grecques : *tachéo-*, qui signifie « rapide » et *-mètre*, qui signifie « mesure ». Cet appareil permet donc d'effectuer des mesures rapides et précises.

ORGANISATION D'UNE BRIGADE

L'équipe qui effectue un levé topographique porte le nom de **brigade**. Elle compte plusieurs membres, dont les tâches sont bien définies. Ainsi :

- le **chef de brigade** est responsable du travail. C'est lui qui choisit les méthodes à employer;
- le **croquiseur** dessine le croquis de la zone à lever;
- l'**opérateur** dirige l'appareil sur les points à lever et effectue les lectures correspondantes;
- le **teneur de carnet** note les lectures dictées par l'opérateur;
- le ou les **porte-mire**.

Types de levés

Les levés diffèrent entre eux par :

- l'**objet** représenté;
- la **précision** exigée pour le levé;
- l'**échelle** de représentation;
- la **rapidité** d'exécution.

On distingue deux types de levés : le levé **planimétrique** et le levé **altimétrique**.

Levé planimétrique

Lorsque l'on souhaite représenter des éléments tels que des routes, une construction, un cours d'eau ou les limites de propriétés, on fait appel au levé planimétrique. Le levé planimétrique consiste en effet à mesurer les angles et les distances au sol.

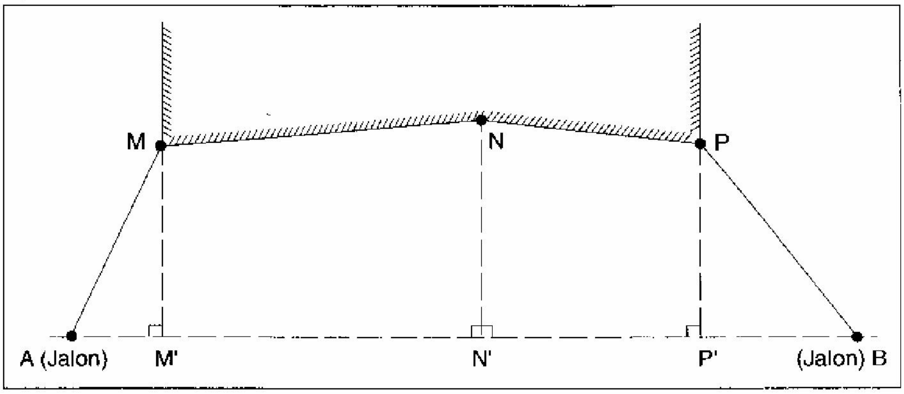
Les méthodes de levé planimétrique les plus simples sont :

- le levé par **abscisses et ordonnées**;
- le levé par **rayonnement**.

Levé par abscisses et ordonnées

Le levé par abscisses et ordonnées s'effectue à l'aide d'une équerre optique, qui permet de déterminer une **direction perpendiculaire** à une autre. Grâce à cet appareil, on détermine l'emplacement des pieds des perpendiculaires (M', N', P') à partir des points à lever (M, N, P) sur une ligne d'opération AB (figure 2.1).

Figure 3.1 Levé par abscisses et ordonnées



La ligne d'opération est matérialisée par deux jalons. On mesure les abscisses en cumulé (AM', AN', AP'...) puis les ordonnées (MM', NN', PP'...).

Les mesures doivent être contrôlées par la mesure des diagonales (AM, BP...) en utilisant le théorème de Pythagore (triangle rectangle) : $(AM)^2 = (AM')^2 + (MM')^2$.

Pour exécuter un levé par abscisses et ordonnées, on procède aux étapes suivantes :

1. Faire un croquis général du site de travail (à lever).
2. Matérialiser la ligne d'opération à l'aide de jalons.
3. Matérialiser les points de détail à l'aide de jalons.

4. Déterminer la projection des points de détail sur la ligne d'opération à l'aide de l'équerre optique.

5. Mesurer les distances entre les points projetés et les points d'appui (abscisses).

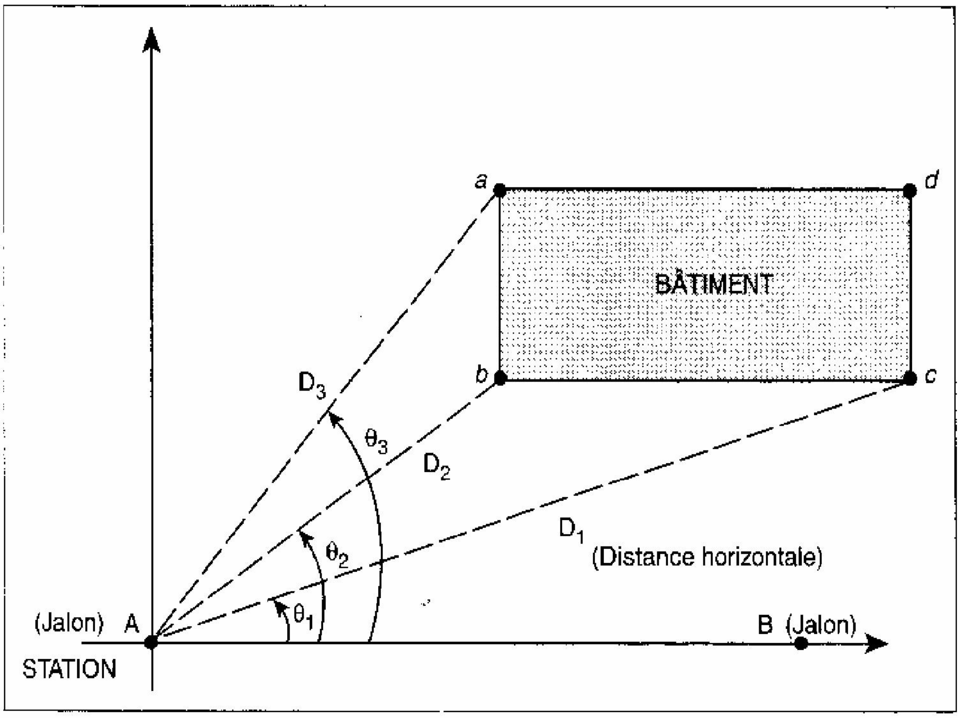
6. Mesurer les distances entre la position des points de détail et leur projection sur la ligne d'opération (ordonnées).

7. Tracer un croquis sur lequel figure la position des points de détail.

Levé par rayonnement

Le levé par rayonnement s'appuie sur le principe géométrique de la détermination d'un point par coordonnées polaires (figure 3.2).

Figure 3.2 Levé par rayonnement

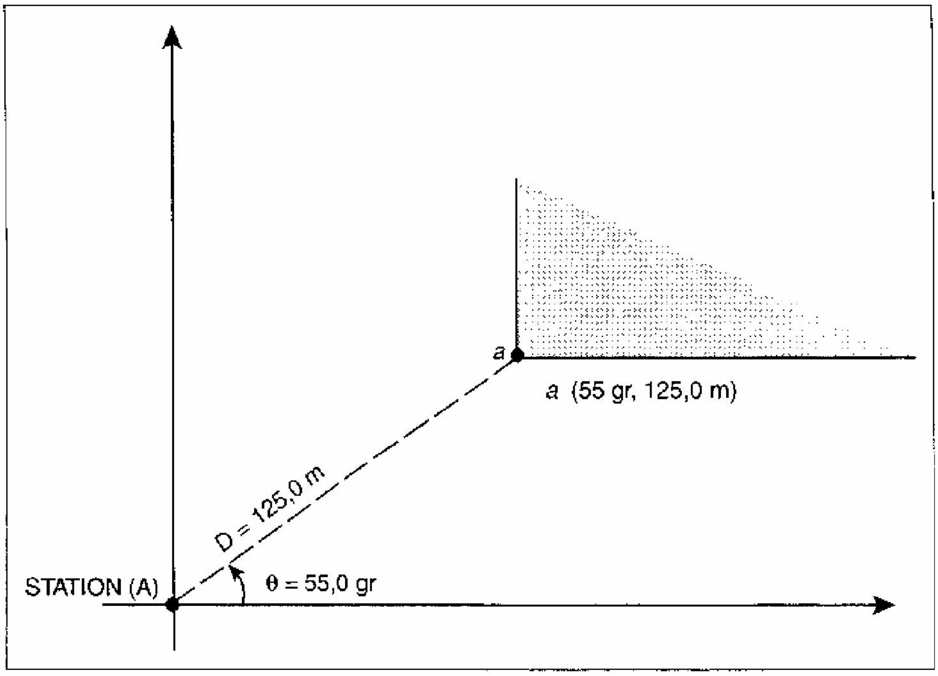


Chaque point est défini par :

- **l'angle (θ)**, qui est déterminé depuis la station (A) à partir d'un axe fixe (AB);
- **la distance (D)**, qui définit la position des points (*a*, *b*, *c*) par rapport à la station (A).

La valeur de l'angle horizontal (généralement exprimée en grades) ainsi que celle de la distance (en mètres) forment les coordonnées polaires d'un point (figure 3.3).

Figure 3.3 Coordonnées polaires d'un point



La marche à suivre pour effectuer un levé par rayonnement est la suivante :

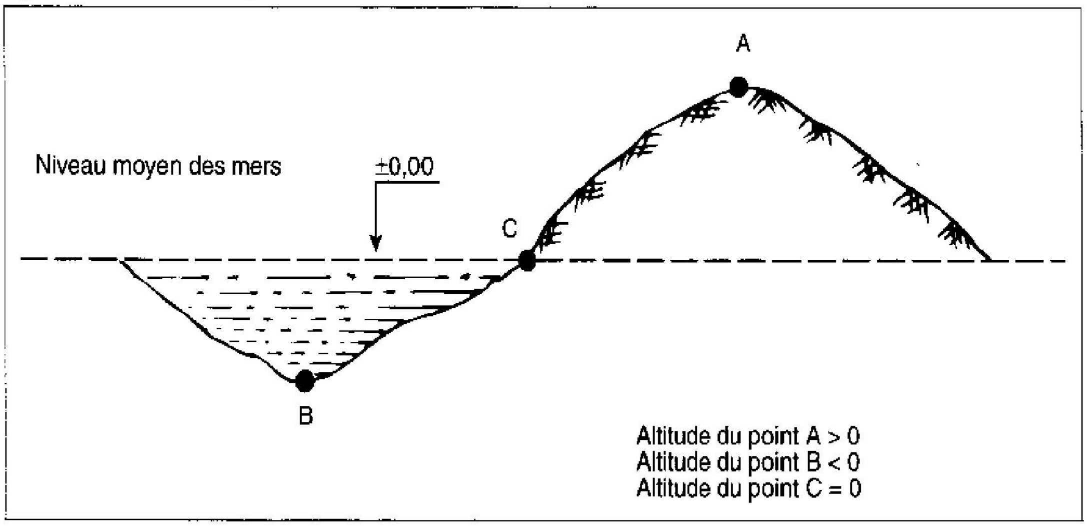
1. Faire un croquis général du site à lever.
2. Matérialiser la ligne d'opération et les points de détail à l'aide de jalons.
3. Faire la mise en station de l'appareil topographique.
4. Régler la nivelle de l'appareil à l'aide des vis calantes.
5. Viser les points de détail avec la lunette de l'appareil topographique.
6. Noter les valeurs des lectures effectuées dans l'ordre suivant :
   - lecture supérieure (L_{sup});
   - lecture moyenne (L_{moy});
   - lecture inférieure (L_{inf}).
7. Faire la lecture de l'angle vertical (V).
8. Calculer les distances en utilisant la formule suivante :
   $D = 100\ (L_{sup} - L_{inf}) \times (\sin V)^2$
9. Faire la lecture de l'angle horizontal (Hz) sur le cercle horizontal de l'appareil pour chacune des directions.
10. Calculer les angles horizontaux (α) en utilisant la formule suivante :
    α = Hz (suivant) – Hz (précédent)

Levé altimétrique

On appelle levé altimétrique l'ensemble des opérations permettant de déterminer les **altitudes** et les **dénivelées** par rapport au niveau moyen des mers au repos afin d'établir des plans et des cartes topographiques.

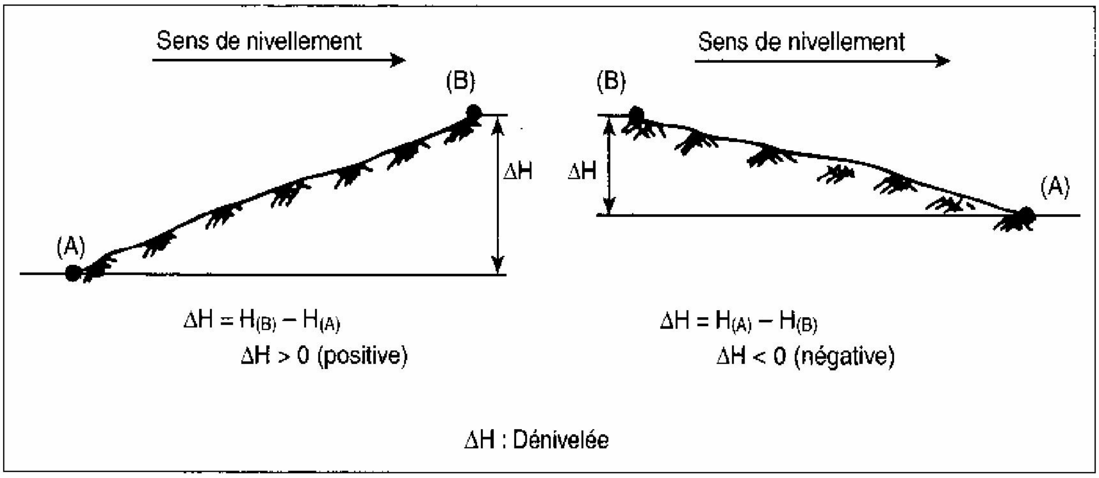
L'**altitude** d'un point est la distance, en mètres, entre ce point et une surface se trouvant au niveau moyen des mers, qui correspond à la valeur 0 (figure 3.4).

Figure 3.4 Altitude d'un point



La **dénivelée** représente la **différence d'altitude** entre deux points, en valeur et en signe (figure 3.5).

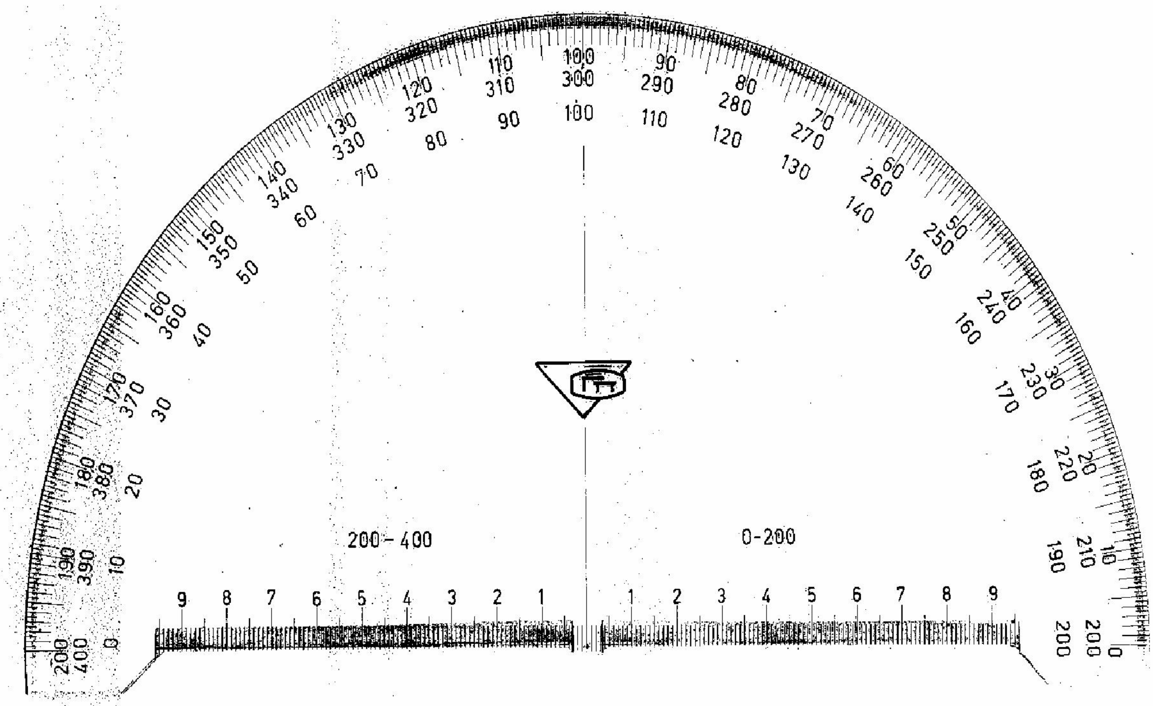
Figure 3.5 Dénivelée



Voir le TP N°3 et TPN°4

Sur le croquis chaque point

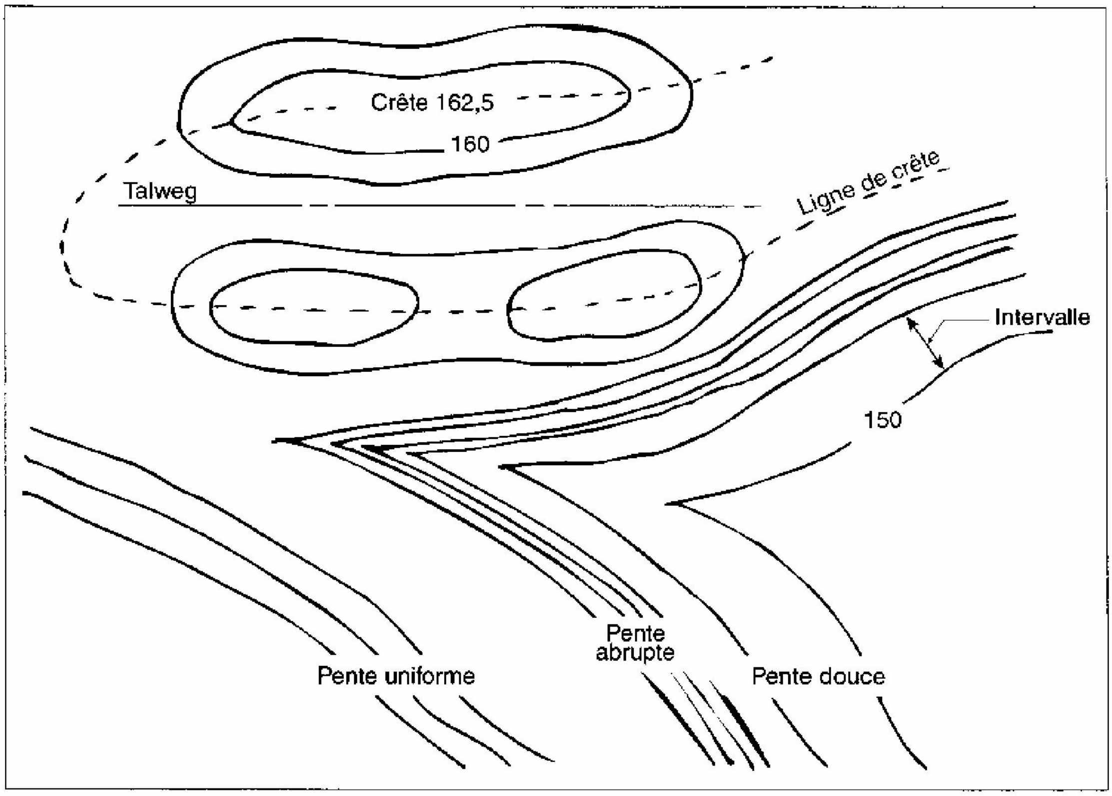
doit être exprimer avec l'angle et la distance. Apres dans le bureau on prépare le dessin de ce relevé. Sur la feuille on fixe un point pour la station et avec un rapporteur en grades on commence de fixer avec une petite ligne les angles, mesurés sur le terrain. Puis on doit lier chaque petite ligne avec le point de station et sur chaque direction on fixe en échelle choisie la distance, mesurée sur le terrain. Ca est la méthode de relever des bâtiments existants sur le terrain. Si ce relevé est pour ajouter ces bâtiments sur le plan de masse on doit fixer sur le terrain certains points communs.



.2 Courbes de niveau

Les résultats des levés (planimétrique et altimétrique) sont employés pour la représentation graphique du relief d'un terrain. Une **courbe de niveau** est une ligne imaginaire **joignant tous les points qui ont la même altitude.** Un ensemble de courbes de niveau donne une représentation du relief (figure 3.9).

Figure 3.9 Courbes de niveau



- **Intervalle** : Distance horizontale mesurée sur la carte entre deux courbes de niveau.
- **Ligne de crête** : Endroit où se fait le partage des eaux.
- **Talweg** : Axe du fond d'une vallée.
- **Pente douce** : Endroit où les courbes de niveau sont distancées.
- **Pente abrupte** : Endroit où les courbes de niveau sont rapprochées.
- **Pente uniforme**': Endroit où les courbes de niveau sont distancées également.

Caractéristiques

Les courbes de niveau possèdent les caractéristiques communes suivantes :

- Tous les points d'une même courbe ont la même altitude.
- Les courbes de niveau sont des **lignes fermées**, à moins qu'elles ne soient interrompues par les limites de la carte.
- L'intervalle entre les courbes indique **la nature de la pente.**
- Une courbe de niveau **ne peut pas en croiser** une autre d'altitude différente.

INTERPOLATION DES COURBES DE NIVEAU

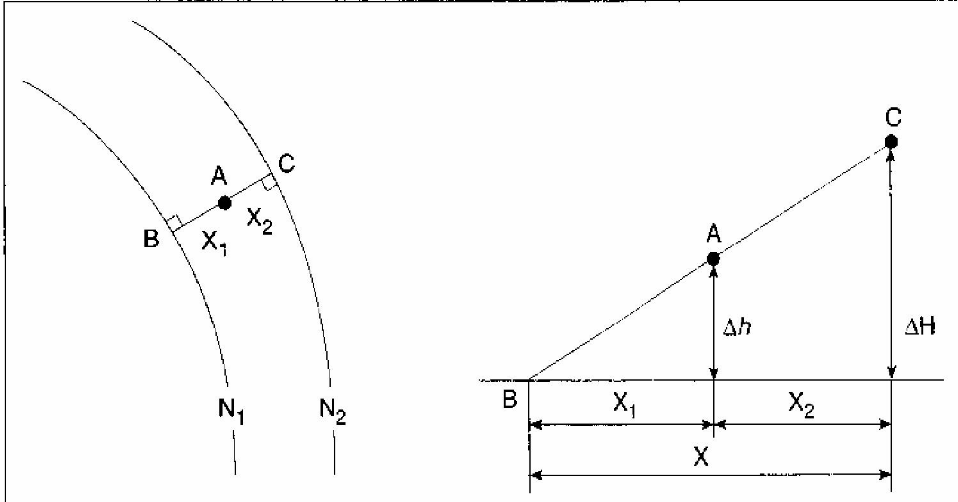
L'interpolation des courbes de niveau a pour but de déterminer l'altitude d'un point situé entre deux courbes de niveau. Ce travail peut s'effectuer à l'aide de deux méthodes :

- la méthode analytique, plus précise;
- la méthode graphique, plus rapide.

Méthode analytique

La méthode analytique est basée sur la théorie des triangles semblables (figure 3.10).

Figure 3.10 *Méthode analytique*



N_1 = Altitude de la première courbe
N_2 = Altitude de la deuxième courbe
X_1 = Distance entre la courbe interpolée et la première courbe
X_2 = Distance entre la courbe interpolée et la deuxième courbe
X_1, X_2 : Distance projetée perpendiculairement à la tangente des courbes

L'altitude du point A est égale à $N_1 + \Delta h$.

Soit :
$\Delta H = N_2 - N_1$
$X = X_1 + X_2$

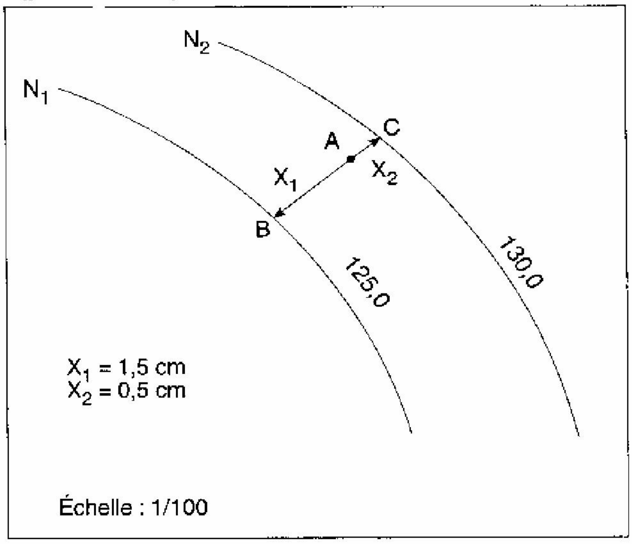
D'après la théorie des triangles semblables, on a :

$$\frac{\Delta H}{X} = \frac{\Delta h}{X_1}$$

$$\text{d'où } \Delta h = \frac{\Delta H}{X} \times X_1$$

Exemple :

Figure 3.11 Exemple de calcul (méthode analytique)



Données :

- Altitude de la première courbe (N_1) : 125,0 m
- Altitude de la deuxième courbe (N_2) : 130,0 m
- Distance entre un point de la courbe interpolée et la première courbe (X_1) : 1,5 cm
- Distance entre le même point de la courbe interpolée et la deuxième courbe (X_2) : 0,5 cm

D'où :

$\Delta H = N_2 - N_1$

$\Delta H = 130 - 125$

$\Delta H = 5$ m

et

$X = X_1 + X_2$

$X = 1{,}5 + 0{,}5$

$X = 2$ cm

Donc, on a :

$$\frac{\Delta H}{X} = \frac{\Delta h}{X_1}$$

$$\Delta h = \frac{\Delta H}{X} \times X_1$$

$$\Delta h = \frac{5}{2} \times 1{,}5$$

$\mathbf{\Delta h = 3{,}75}$ **m**

Enfin, l'altitude du point A est égale à :

$A = N_1 + \Delta h$

$A = 125 + 3{,}75$

A = 128,75 m

METHODE GRAPHIQUE

Il existe une méthode graphique plus rapide dont la précision est généralement largement suffisante. L'opérateur dispose d'une feuille A4 sur laquelle il dessine des lignes horizontales régulièrement espacées (fig. 10.3-b.), numérotées par exemple de 0 à 100. Afin de placer la courbe de niveau 129,50 m entre les points 19 et 24 (fig. 10.3-a. et 10.3-b.), il dispose la feuille A4 de façon que la ligne 129,08 m passe sur le point 24, ce positionnement s'effectue à vue puisque la ligne 129,08 m n'existe pas, et de façon que la ligne 129,82 passe par le point 19 ; il reste à piquer l'intersection de la droite 19-24 et de la ligne 50 de la feuille A4 pour obtenir un point de passage de la courbe 129,50 m.

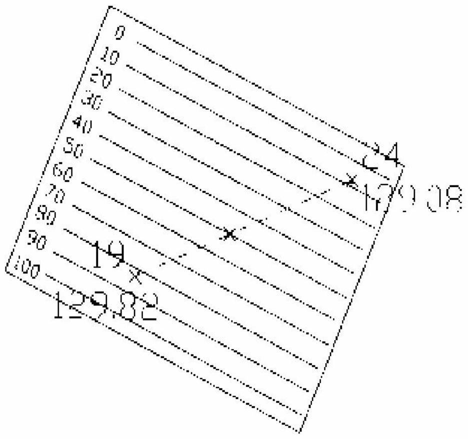


Fig. 10.3-b. : Outil de report manuel

RÉSUMÉ

- Une courbe de niveau est une ligne imaginaire joignant un ensemble de points qui ont la même altitude.
- L'intervalle entre les courbes de niveau indique la nature du relief du terrain.
- L'interpolation des courbes de niveau permet de déterminer l'altitude d'un point se trouvant entre deux courbes de niveau.
- L'interpolation des courbes de niveau se fait par :
  - méthode analytique, basée sur la théorie des triangles semblables;
  - méthode graphique, plus rapide mais moins précise que la précédente.

5. IMPLANTATION

Le plan d'un ouvrage donne une grande satisfaction à l'architecte qui l'a réalisé, mais sa réalisation sur site lui apportera certainement plus. Avant de construire un ouvrage, il faut l'implanter, c'est-à-dire **tracer la forme de l'ouvrage sur le terrain** en consultant les **plans** fournis par l'architecte. En somme, l'implantation représente **l'inverse du levé**.

Dans ce chapitre, divisé en deux sections, vous apprendrez à implanter un point à l'aide de deux méthodes : par abscisses et ordonnées ainsi que par coordonnées polaires (rayonnement). Vous apprendrez également à implanter une courbe circulaire à l'aide des mêmes méthodes.

..1 MÉTHODES D'IMPLANTATION

L'implantation consiste à **matérialiser** sur un terrain la position exacte d'un ouvrage d'art, d'une construction, de l'axe d'une route, etc. à partir de leur représentation sur le plan fourni.

On utilise surtout deux méthodes pour implanter un point :

- l'implantation par abscisses et ordonnées;
- l'implantation par coordonnées polaires.

Le choix de l'une ou l'autre des méthodes dépend de l'appareillage dont on dispose et de la configuration du terrain. Ainsi, on aura recours à la méthode par abscisses et ordonnées si l'on dispose d'une équerre optique et que le terrain est sensiblement plat. En outre, les points d'appui qui constituent la ligne d'opération devront être matérialisés sur le terrain.

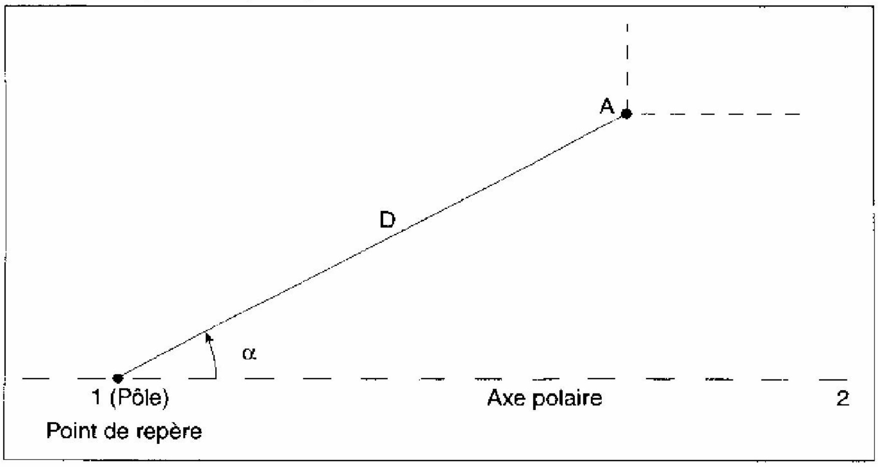
En revanche, si l'on utilise un théodolite ou un tachéomètre et que le terrain est accidenté, on utilisera la méthode par coordonnées polaires. Dans ce manuel, on se limitera à l'étude de la méthode d'implantation par rayonnement (coordonnées polaires).

L'implantation est une opération délicate et importante dont les erreurs peuvent engendrer de graves conséquences (alignements non respectés, chevauchement sur propriétés voisines, etc.). On doit donc réaliser cette tâche avec soin et précision.

IMPLANTATION PAR RAYONNEMENT

L'implantation par rayonnement prend le point 1 comme **pôle** et la ligne 1-2 comme **axe polaire** (figure 4.1).

Figure 4.1 Implantation par rayonnement



La position du point A peut alors être implantée à partir du point de repère 1 à l'aide :

- **de la distance** (D);
- **de l'angle** (α).

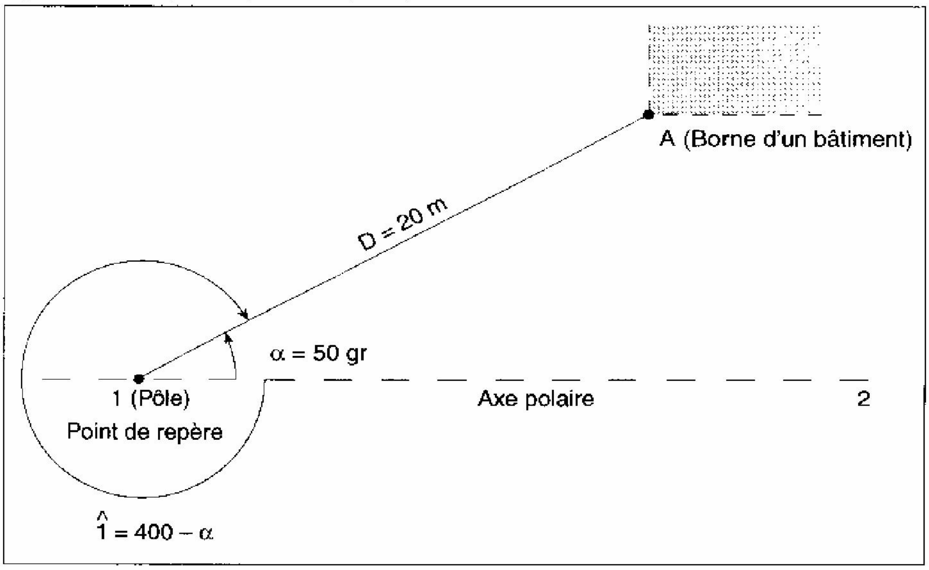
Ces deux valeurs (D et α) constituent les coordonnées polaires du point A sur le terrain.

Exemple :

On veut implanter un bâtiment (figure 4.2). On dispose d'un tachéomètre pour les mesures angulaires et d'un ruban d'acier pour mesurer les distances. L'une des bornes du bâtiment (A) est définie par les coordonnées polaires suivantes, mesurées à partir d'un point de repère 1 (pôle) :

- distance (D) = 20 m
- angle (α) = 50 gr
- angle topographique à implanter = 400 – x

Figure 4.2 Exemple d'implantation par rayonnement



En pratique, on détermine les coordonnées polaires (D et α) comme suit :

1. Faire la mise en station de l'appareil topographique (tachéomètre) au point 1.
2. Bloquer le cercle horizontal sur la valeur L_0 = 0,0000 gr.
3. Viser le point 2 à l'aide de la lunette de l'appareil.
4. Libérer le cercle horizontal et faire tourner l'appareil jusqu'à ce que la valeur de l'angle 400 gr – α s'affiche.
5. Matérialiser la direction à l'aide d'un jalon.
6. Reporter la distance (D) à l'aide d'un ruban d'acier et matérialiser définitivement le point à l'aide d'un piquet.

Voir TPN°5

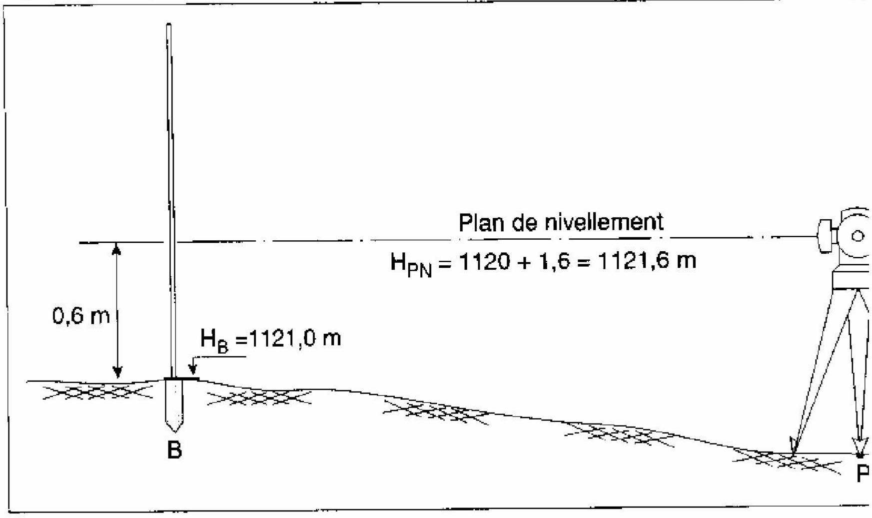
IMPLANTATION ALTIMÉTRIQUE

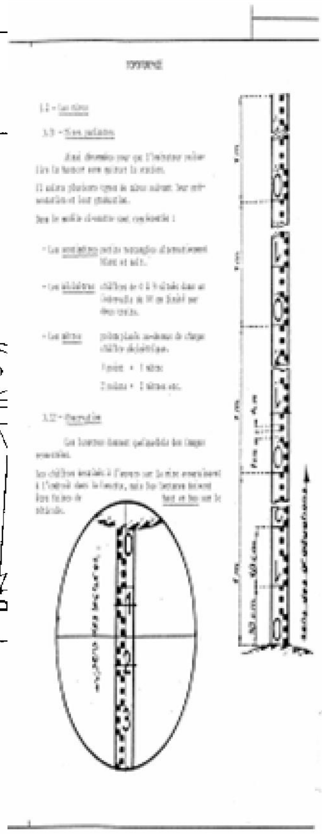
L'implantation altimétrique consiste à matérialiser sur le terrain des points dont l'altitude est connue sur un plan d'urbanisme ou sur le profil d'un axe (d'une route, d'un chemin de fer, d'un réseau d'égout, etc.).

Voici comment procéder à l'implantation altimétrique d'un point (B) ayant par exemple une altitude H_B = 1121,00 m (figure 3.4).

1. Mettre l'appareil (tachéomètre) en station sur un point de repère dont l'altitude est connue (par exemple H_R = 1120,00 m).
2. Mesurer la hauteur de l'appareil (par exemple h_a = 1,60 m) après avoir effectué le réglage nécessaire du tachéomètre.
3. Déterminer l'altitude du plan de nivellement :
   H_{PN} = Altitude du point de repère (H_R) + hauteur de l'appareil (h_a).
   $H_{PN} = 1120 + 1,6$
   $\mathbf{H_{PN} = 1121,60\ m}$
4. Calculer la lecture avant qui doit s'afficher sur la mire afin que son pied suive le profil désiré.
   Lecture avant = $H_{PN} - H_B$
   Lecture avant = 1121,60 − 1121
   Lecture avant = 0,6 m
5. Tracer une marque sur un piquet en bois indiquant l'altitude du point désiré (H_B).

Figure 4.4 *Implantation altimétrique*

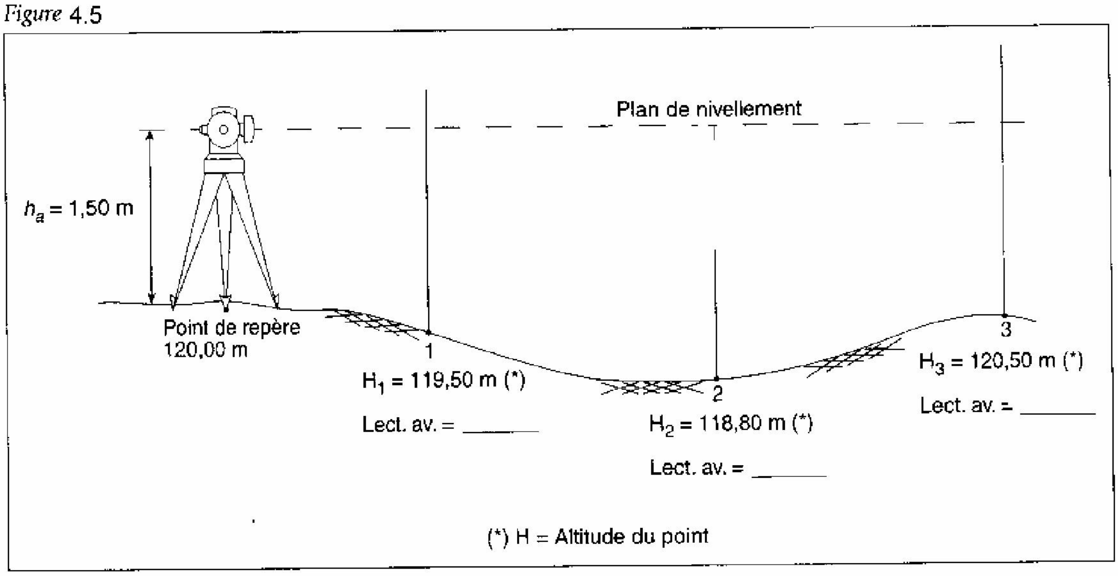




Exercice 4.1

1. Soit à implanter l'altitude des points d'un profil constituant l'axe d'une route par exemple (figure 4.5).

Figure 4.5



a) Décrivez la marche à suivre pour implanter les points de ce profil.

b) Calculez les valeurs des lectures avant qui doivent s'afficher sur la mire pour les différents points du profil représenté sur la figure 4.5 .

Voir TPN°6

RÉSUMÉ

- L'implantation est l'inverse du levé.
- On distingue deux types d'implantations :
  - l'implantation planimétrique;
  - l'implantation altimétrique.
- L'implantation planimétrique par rayonnement est basée sur le choix :
  - d'une station comme pôle;
  - d'une ligne d'opération comme axe polaire.
- L'implantation altimétrique consiste à matérialiser sur le terrain des points dont l'altitude est connue.

IMPLANTATION D'UN BATIMENT

Pour effectuer un implantation d'un bâtiment sur le terrain on doit regarder le plan de masse ou ce bâtiment est présenté avec les coordonnées X et Y dans les coins au diagonale de la construction. Puis on doit matérialiser ces coordonnées sur le terrain avec des piquets en bois ou en fer. On peut faire cette opération avec le théodolite quand on sorte d'une borne en béton existante du système de coordonnées du chantier. On doit faire les mesures pour les distances OBLIGATOIRE AVEC LA ROULETTE car l'exactitude des mesures des distances optique n'est pas suffisante. Quand les coins sont déjà matérialises avec les piquets on doit prendre le plan de la fouille du bâtiment pour voire les talus. Les talus dependent du sol et du sous sol, s'il y a dans la construction du bâtiment. Ca nous montre à quelle distance on doit transmettre les piquets pour les garder pendant le déblaie et comment on peut les restaurer plus tard. Sur cette position des piquets on fait une construction en bois qui entoure la fouille et sur laquelle avec des clous sont fixés les axes et les rangs du bâtiment. Cette construction porte le nom la chaise. Quand on sait le déplacement on peut poser le théodolite sur les clous de la chaise et de restaurer chaque axe ou rang pendant le travail.

Quand il n'y a pas un plan de masse on doit faire les mêmes opérations en sortant des distances fixées des autres bâtiments, existants sur le terrain.

6. PROFILS

Définitions

Un profil en long est la représentation d'une coupe verticale suivant l'axe d'un projet linéaire (route, voie ferrée, canalisation, etc.). Le profil en long est complété par des profils en travers qui sont des coupes verticales perpendiculaires à l'axe du projet. Leur établissement permet en général le calcul des mouvements de terres (cubatures) et, par exemple, permet de définir le tracé idéal d'un projet de manière à rendre égaux les volumes de terres excavés avec les volumes de terre remblayés. L'informatique joue ici aussi un rôle déterminant puisque ces calculs sont répétitifs. En effet, il faut plusieurs essais lors d'une recherche de tracé avant d'arriver au tracé définitif.

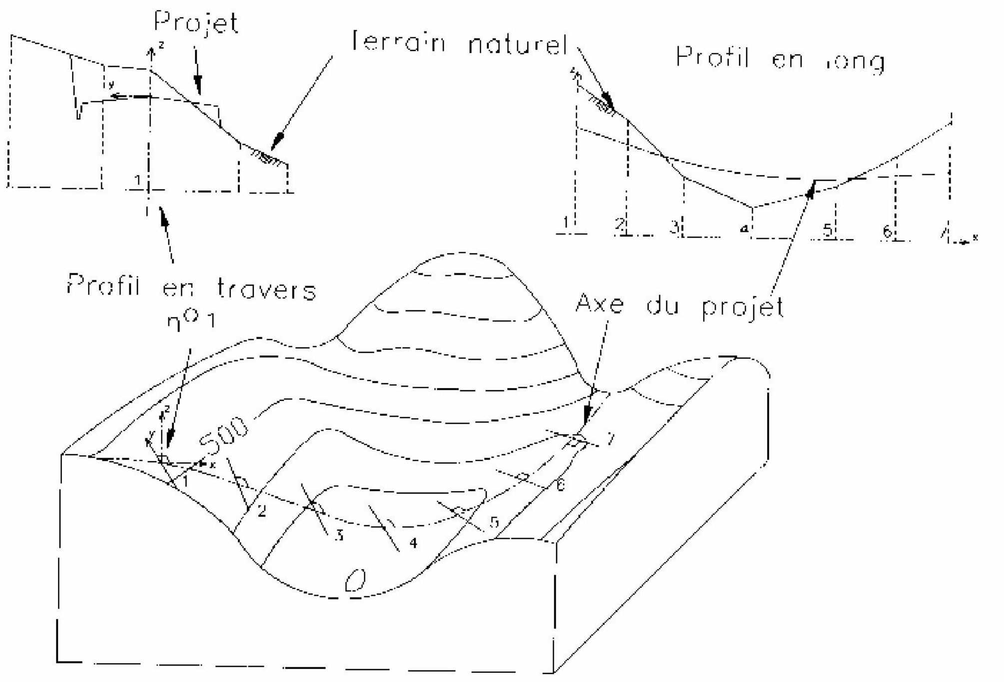


Fig. 10.10. : Profils en long et en travers

Par exemple, sur la figure 10.10., un projet routier est figuré en trait d'axe. Le profil en long constitue un développement suivant son axe sur lequel sont représentés le terrain naturel et le projet. Les profils en travers, régulièrement espacés, sont une vue en coupe qui fournit l'inscription de la route dans le relief perpendiculairement à l'axe.

Le profil en long

Le profil en long est un **graphique** (fig. 10.11.) sur lequel sont reportés tous les points du terrain naturel et de l'axe du projet. Il est établi en premier lieu. On s'appuie sur ce document pour le dessin des profils en travers (fig. 10.12.). Ce graphique s'oriente de la gauche vers la droite ; les textes se rapportant au projet sont en rouge, écriture droite et ceux qui se rapportent au terrain naturel en noir et en italique (si l'on travaille exclusivement sur un support en couleur, on peut ne pas utiliser la représentation en italique). Distances et altitudes sont données en mètres au centimètre près.

On choisit en général un plan de comparaison d'altitude inférieure à l'altitude du point le plus bas du projet ou du terrain naturel. Ce plan de comparaison est l'axe des abscisses du graphique sur lequel sont reportées les distances horizontales suivant l'axe du projet. Sur l'axe des ordonnées, sont reportées les altitudes.

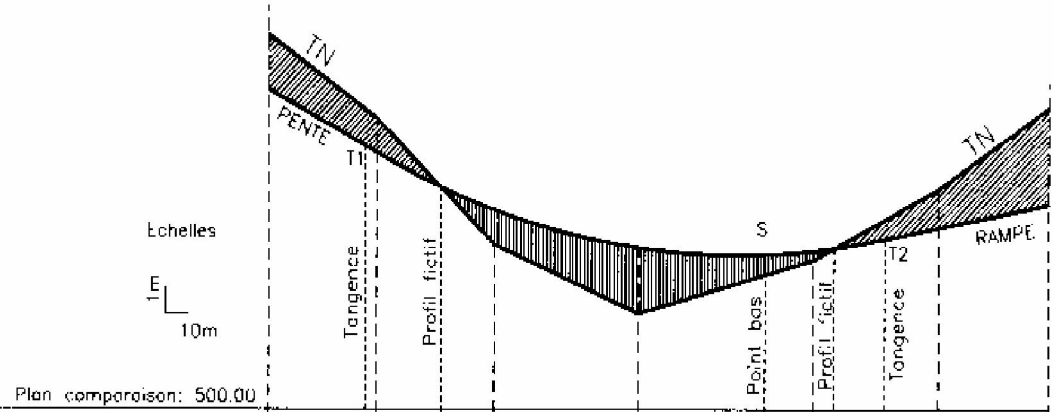
Les échelles de représentation peuvent être différentes en abscisse et en ordonnées (en rapport de l'ordre de 1/5 à 1/10) de manière à souligner le relief qui peut ne pas apparaître sur un projet de grande longueur.

On dessine tout d'abord le terrain naturel (TN), généralement en trait moyen noir. Son tracé est donné par la position de chaque point d'axe d'un profil en travers, le terrain naturel étant supposé rectiligne entre ces points. On reporte en même temps dans le cartouche des renseignements en bas du graphique : les distances horizontales entre profils en travers dites distances partielles, les distances cumulées (appelées aussi abscisses curvilignes) depuis l'origine du projet et l'altitude de chaque point.

On positionne ensuite le projet (trait fort rouge) en tenant compte de tous les impératifs de visibilité : pente maximale, égalité des déblais et des remblais, etc.
Ce tracé donne des points caractéristiques comme les points de tangence entre droites et parties courbes, les points hauts (ou sommets situés à la fin d'une rampe et au début de la pente suivante), les points bas (situés à la fin d'une pente et au début de la rampe suivante). Une rampe est une déclivité parcourue en montant dans le sens du profil ; une pente est parcourue en descendant. Un parcours horizontal est aussi appelé palier. Les déclivités des parties droites, les longueurs projetées des alignements droits et des courbes ainsi que les rayons de courbure sont reportés en bas du cartouche ; on reporte également les longueurs développées des courbes.

Les cotes des points caractéristiques du projet sont reportées dans les lignes de renseignement en bas du graphique : distance à l'origine du projet (distance cumulée) et altitude. Dans la phase d'avant-projet sommaire, elles sont mesurées sur le graphique du profil en long. Elles sont calculées exactement en phase de projet d'exécution, à partir du profil en long et des profils en travers réels, levés sur le terrain. La manière la plus efficace de faire ce calcul est de construire le profil sur un logiciel de DAO et d'y lire les coordonnées des intersections

Les calculs des positions des points caractéristiques se ramènent à des intersections droites-droites, droites-cercles ou droites-paraboles dans le repère associé au profil en long.



Cotes projet	512.49	510.30	510.05	508.84	507.89	506.36	506.03	506.17	506.27	506.62	507.07	508.00
Cotes Terrain naturel	514.61		511.40		506.40	503.70		505.79			508.60	511.81
Numéros des profils	1		2		3	4		5			6	7
Distances cumulées	0.00 0.00	41.08	45.73	71.21	95.51	156.70	210.10	230.33	239.40	260.53	283.22	330.30
Distances partielles	45.73		49.78		61.19	73.63		52.89			47 08	
Déclivité du projet	−5.3% L=41.08	R=5000m, L=219.45m								+2.0% l=69.77		

Fig. 10.11. : Profil en long

On peut colorier de manière différente les **remblais** (en rouge) et les **déblais** (en bleu).

Les profils en travers fictifs (surface nulle) dont on doit déterminer la position (abscisse et éventuellement l'altitude) sont les points d'intersection entre le terrain naturel et l'axe du projet ; ces profils particuliers sont utiles pour le calcul des cubatures. Il faut connaître leur position en abscisse par rapport aux deux profils en travers qui les encadrent.

Divers types de profil en long

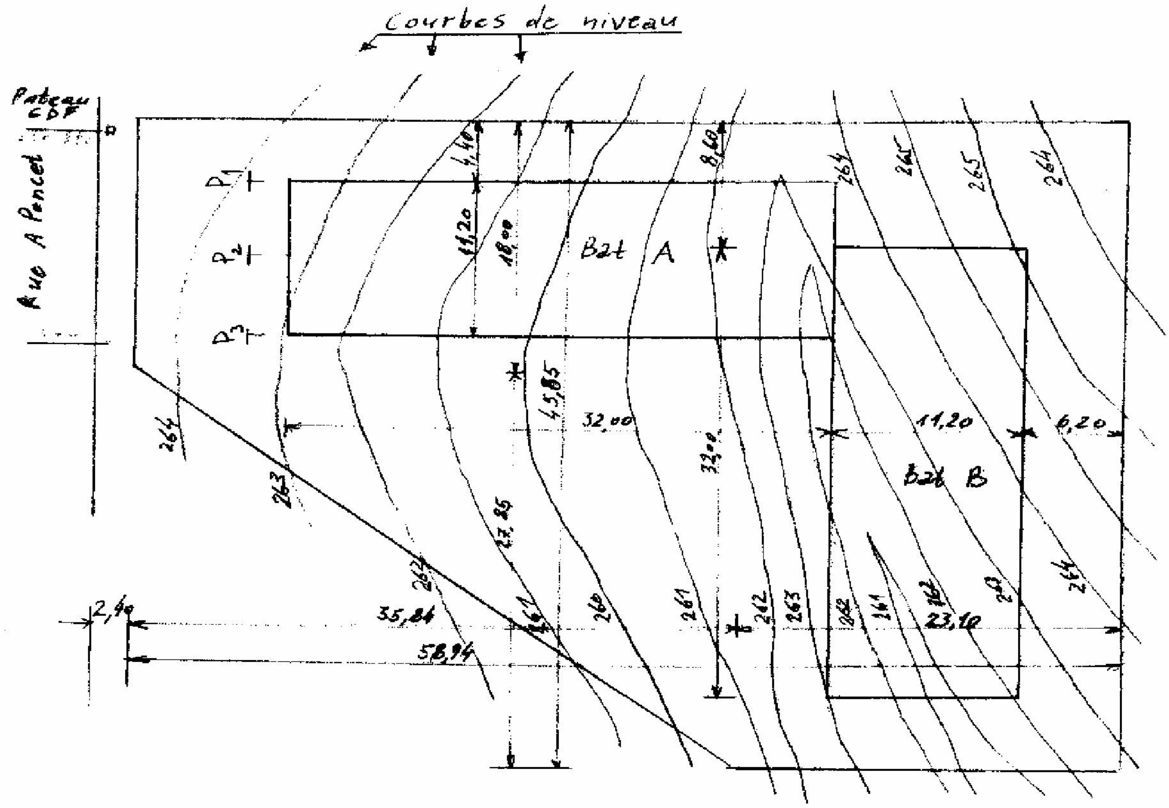
En topographie on peut créer des profils en long avec des mesures sur le terrain ou avec des mesures sur les divers plans et cartes. Toujours on doit determiner les éléments du profil en long et puis d'exprimer ces éléments sur une grille avec Eh et Ed et avec une cote relative. Le but de profil en long est de nous donner une image pour le terrain et sur cette image on doit apporter toutes les communications existantes sous terrain avec ses éléments : type de communication, diamètre, profondeur. On peut trouver ces données dans les plans cadastrales pour les réseaux sous terrain, qui se trouvent dans les services techniques et on doit les affirmer avec une signature.

1.PROFIL EN LONG AVEC DES MESURES DIRECTES SUR LE TERRAIN

On doit créer sur le terrain une ou quelques lignes toutes droites et de mesurer les distances et les altitudes des divers points, ou le terrain change et puis de faire le dessin sur une grille. On fait les mesures avec des instruments et appareilles topographiques.

2.PROFIL EN LONG AVEC LES COURBES DE NIVEAU

Dans ce cas on doit savoir l'échelle de la carte et de dessiner sur les courbes de niveau une ou quelques lignes toutes droites, de fixer les points de croisements et de mesurer les distances entre ces points et puis de déterminer les altitudes. Si le point du départ ou final se trouve entre deux courbes de niveau on doit déterminer l'altitude avec interpolation.



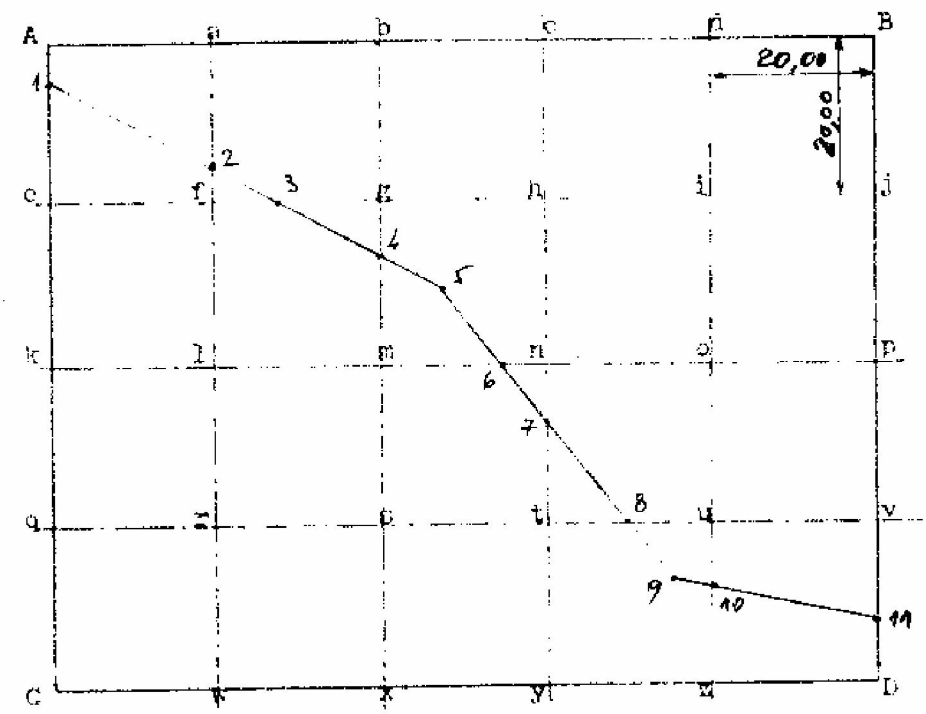
3.PROFIL EN LONG DANS LES LIMITES D'UN LOTISSEMENT

Dans ce cas de nouveau on doit savoir l'échelle de plan de lotissement et les altitudes des points de croisèment des axes des rues. C'est la base pour déterminer les éléments de profil en long. Quand on fixe les les points nécessaires sur le plan on mesure les distances selon l'échelle et on calcule les altitudes de ces points avec interpolation.

4.PROFIL EN LONG SUR UN PLAN COTE

Dans ce cas pour réaliser notre profil en long on doit dessiner une ou quelques lignes toutes droites sur le plan coté en sachant l'échelle. Puis on doit relier les points les plus proches à gauche et à droite de la ligne de profil. Les points de croisement déterminent les points ou le terrain change. On doit mesurer les distances entre ces points selon l'échelle. Puis on doit mesurer toutes les distances entre les points les plus proches et la ligne de profil. Avec ces distances et la différence des altitudes des points on peut faire les re lations pour calculer les altitudes des points de notre profil en long.

On peut faire des profils en long aussi par les autres méthodes, mais enfin le but et de déterminer les éléments de profil en long et puis de les présentes sur le dessin.



Le profil en travers

Les profils en travers (sections transversales perpendiculaires à l'axe du projet) permettent de calculer les paramètres suivants :

- la position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements ;
- l'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel ;
- les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

Le profil en travers (fig. 10.12.) est représenté en vue de face pour une personne qui se déplacerait sur l'axe du projet de l'origine à l'extrémité du projet. La voie de gauche doit donc se situer sur la partie gauche du profil.

On commence par dessiner le terrain naturel à partir d'un plan horizontal de référence qui n'est pas forcément celui du profil en long, de manière à obtenir le profil en travers à l'échelle maximale sur le format choisi. L'échelle de représentation est de l'ordre de 1/100 à 1/200 (jusqu'à 1/50 pour les voies les moins larges). Il n'y a pas d'échelle différente en abscisse et en ordonnée de manière à pouvoir mesurer directement sur le graphique des longueurs dans toutes les directions ou bien des surfaces (mesure sur papier au planimètre ou sur informatique, par exemple à l'aide de la commande *AIRE* d'AutoCAD). L'abscisse de chaque point du terrain naturel (ou du projet) est repérée par rapport à l'axe du profil en travers (donc négative à gauche et positive à droite), l'ordonnée est toujours l'altitude du point. Cette représentation logique introduit un repère (x, y, z) non direct (fig. 10.10.).

On y superpose ensuite le gabarit type du projet (largeur de chaussée, accotements, fossés et pentes de talus) à partir du point d'axe dont l'altitude a été déterminée sur le profil en long. Sur informatique, ce gabarit est un dessin type (sous forme de bloc) mis en place à chaque profil. En dessin manuel, on utilise un fond de plan.

Cela permet de calculer la position des **points d'entrée en terre**

Les conventions de couleur et d'écriture doivent être les mêmes que pour le profil en long.

Les fossés ne sont pas repérés comme les autres points caractéristiques puisque, de manière à simplifier le calcul, ils n'interviennent pas dans la décomposition de la surface en triangles et trapèzes. Ils sont calculés séparément.

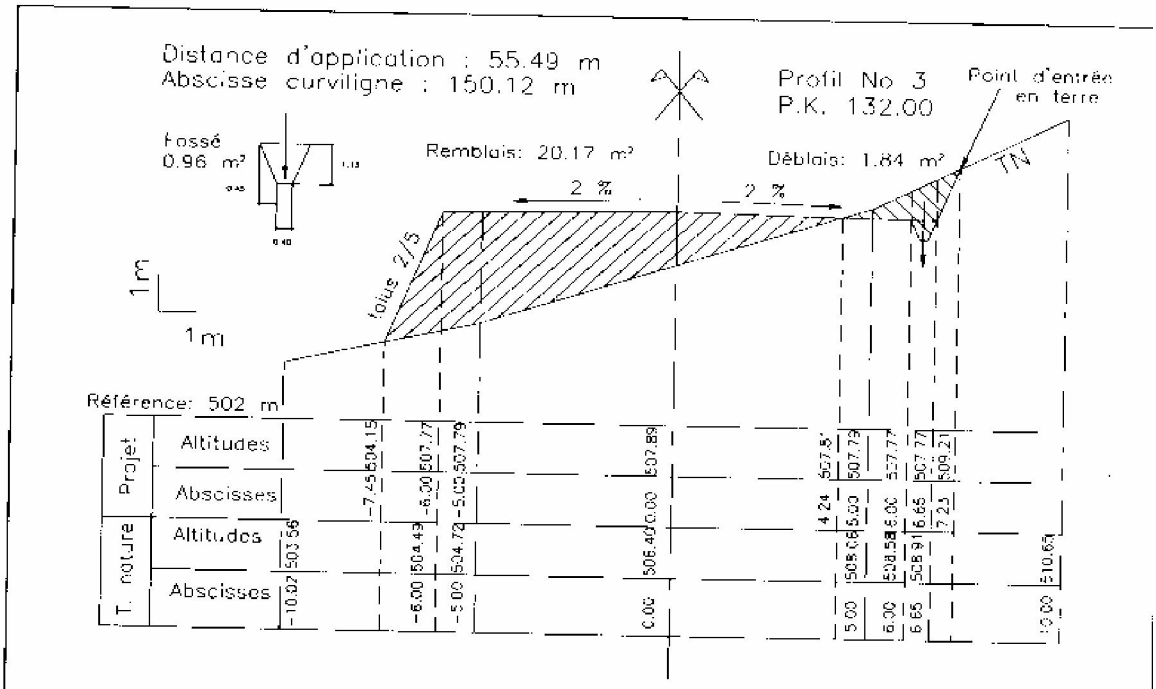


Fig. 10.12. : Profil en travers

Une flèche verticale dans l'axe du fossé indique si l'eau s'écoule vers le profil suivant (flèche vers le bas) ou vers le profil précédent (flèche vers le haut) dans le sens du profil en long.

On porte sur chaque profil la surface de remblais et de déblais

Le numéro du profil et sa position (P.K. ou point kilométrique) dans le projet doivent figurer sur le graphique.

Les surfaces en déblai et en remblai sont calculées et portées sur le graphique ainsi que la distance d'application du profil

On indique aussi l'abscisse curviligne à l'axe du projet (distance suivant l'axe depuis l'origine du projet).

Les calculs nécessaires à la détermination des points d'entrée en terre, s'ils sont effectués manuellement, peuvent être obtenus par l'intersection de droites dans le plan du graphique. De même, les surfaces peuvent être calculées manuellement en utilisant les coordonnées (x et z) des sommets ou au moyen d'un planimètre. Le moyen le plus efficace reste le dessin à échelle réelle sur ordinateur et la lecture directe des coordonnées et surfaces

Il existe trois types de profils en travers (fig. 10.13.) : les profils en remblai, en déblai ou bien les profils mixtes.

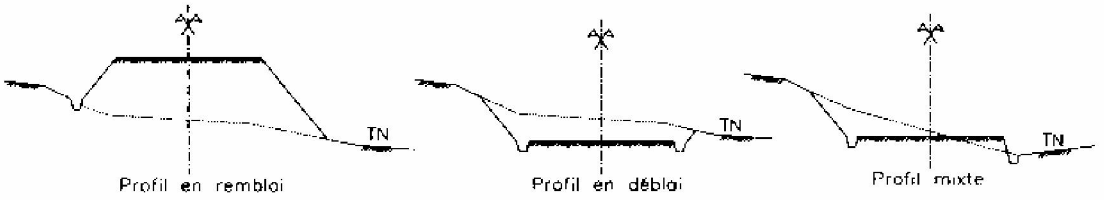


Fig. 10.13. : Différents types de profil

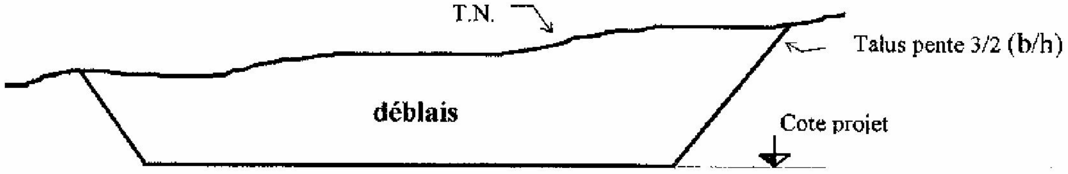
Notons que la présence du fossé sur ces différents types de profils n'est nécessaire qu'en cas d'impossibilité d'écoulement naturel des eaux. Par exemple, comparez le profil en remblai et le profil mixte.

7- CUBATURE DES TERRASSEMENTS

Problème posé:

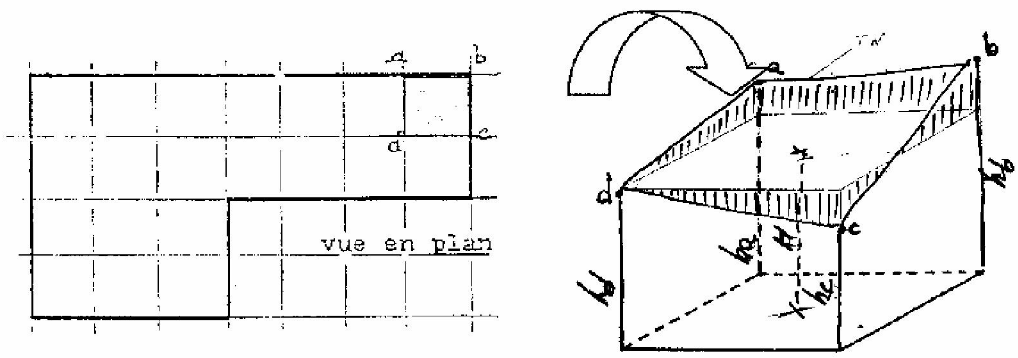
Dans un projet de terrassement, le profil du projet à réaliser est en général bien défini, en plan et en altitude.

Le problème consiste à trouver une méthode de calcul des volumes de déblais ou de remblais prenant en compte avec une relative précision, le relief du terrain naturel avant travaux.



A- Méthode des plans cotés

La méthode dite « des plans cotés » consiste à matérialiser au préalable sur le terrain un quadrillage à l'aide de piquets, dont les dimensions des mailles carrées ou rectangulaires varient de 5m à 20 m ou 25 m selon les ondulations du terrain naturel. On procède ensuite au nivellement des sommets du quadrillage et on admet que la surface du sol est plane à l'intérieur de chaque maille ainsi obtenue.



Chacune des mailles formées par ce quadrillage représente la vue en plan d'un prisme dont la hauteur est égale à la moyenne des différences de niveau entre le terrain naturel et le projet.

$$H = \frac{ha+hb+hc+hd}{4}$$

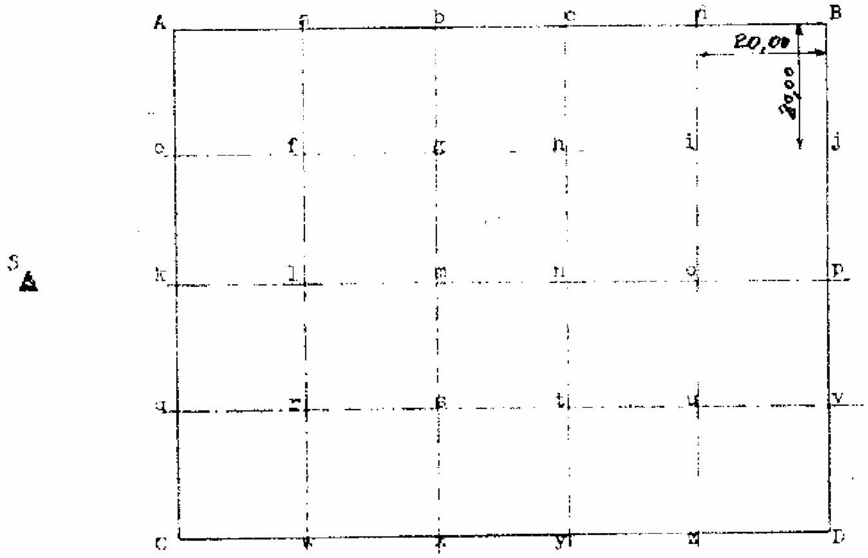
Le volume de chaque prisme est V = surface de la maille × H et par la suite, le cube total des déblais (ou de remblais) sera égal à la somme des volumes de chaque prisme.
Si l'on ne désire qu'une approximation du cube de déblais, on peut employer la méthode approchée suivante :

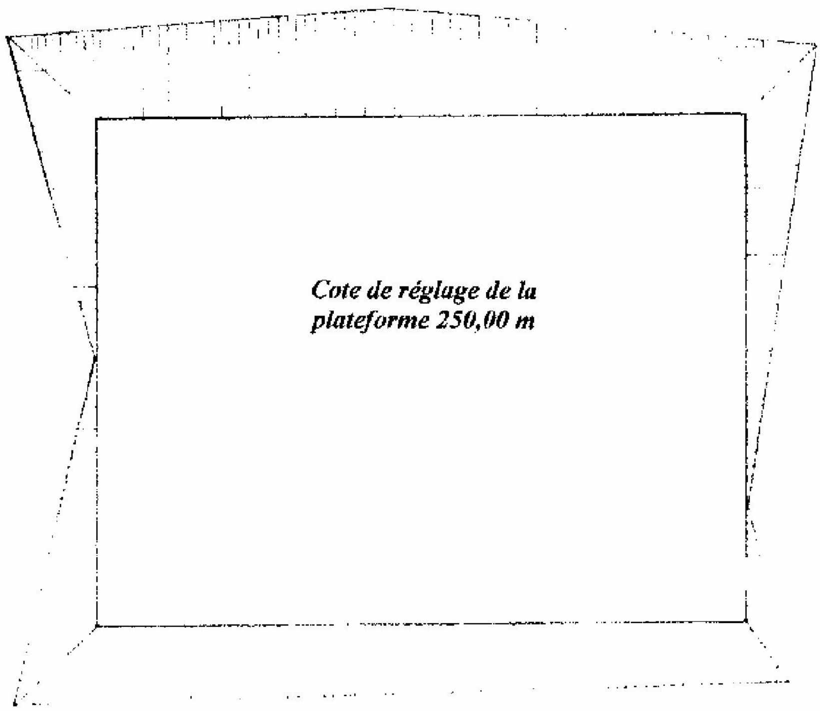
$$V = S \times \frac{\sum altitudes\ des\ piquets}{Nombre\ des\ piquets} - cote\ du\ fond\ de\ fouille.$$

Cubature des terrassements : METHODE DES PLANS COTÉS

Conditions de réalisation

Pour la construction d'un bâtiment industriel, on doit réaliser une plateforme de terrassement de 80 m x 100 m, selon la vue en plan suivante :





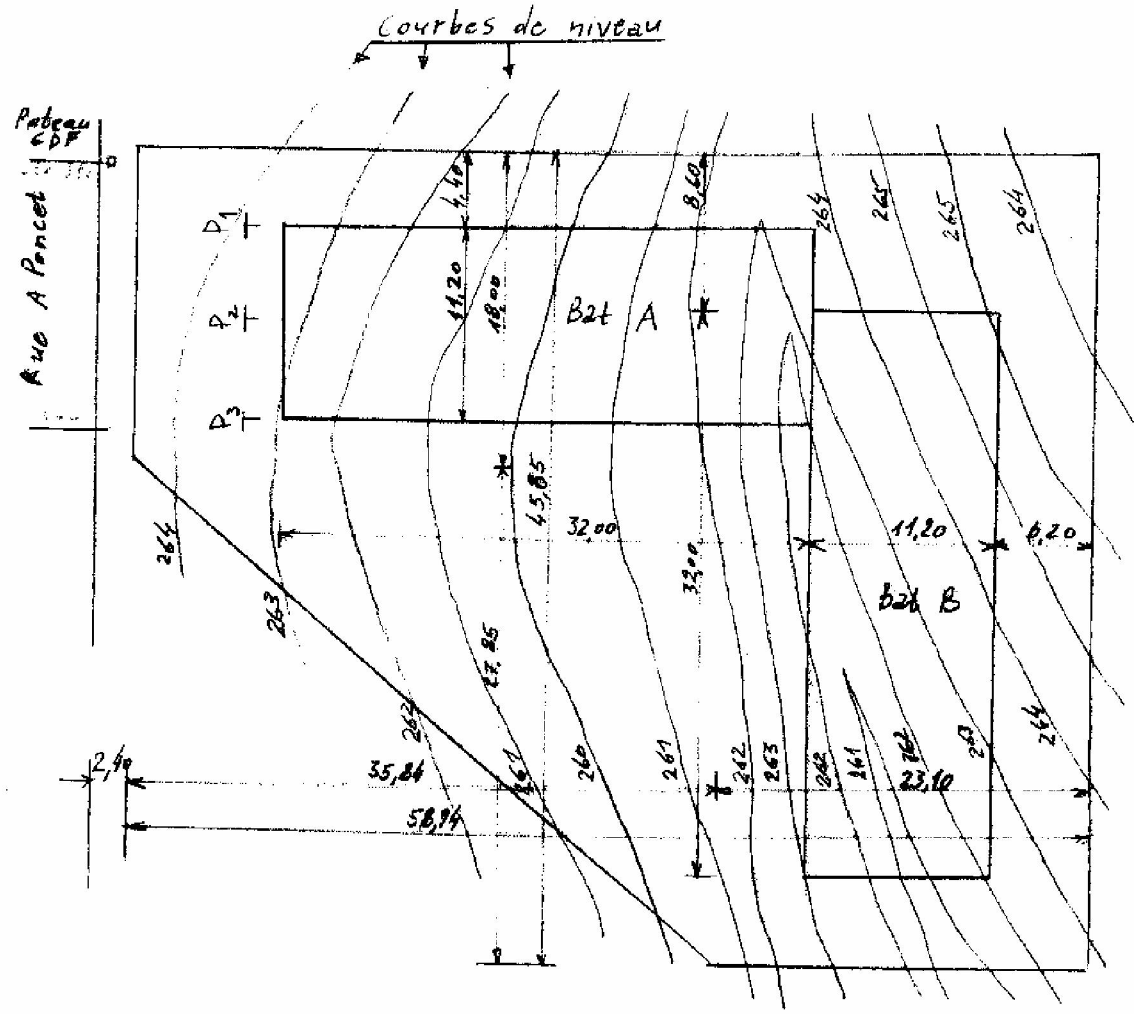
Un levé de terrain préalable a été effectué suivant un quadrillage à mailles carrées de 20 m de côté, adapté au relief du terrain naturel et à la précision souhaitée.
L'altitude du point A est de 250,300 m NGM.

Points	Lectures	Altitude du plan de visée	Altitude des points nivelés	Profondeur à terrasser
A	1.480	**251.780**	250,300	
B	1.605	"		
C	1.575	"		
D	1.600	"		
a	1.450	"		
b	1.382	"		
c	1.475	"		
d	1.523	"		
e	1.605	"		
f	1.558	"		
g	1.485	"		
h	1.520	"		
i	1.552	"		
j	1.590	"		
k	1.750	"		
l	1.705	"		
m	1.620	"		
n	1.605	"		
o	1.655	"		
p	1.622	"		
q	1.625	"		
r	1.583	"		
s	1.500	"		
t	1.525	"		
u	1.586	"		
v	1.655	"		
w	1.502	"		
x	1.390	"		
y	1.455	"		
z	1.520	"		

Cubature des terrassements : METHODE DES PROFILS

Conditions de réalisation

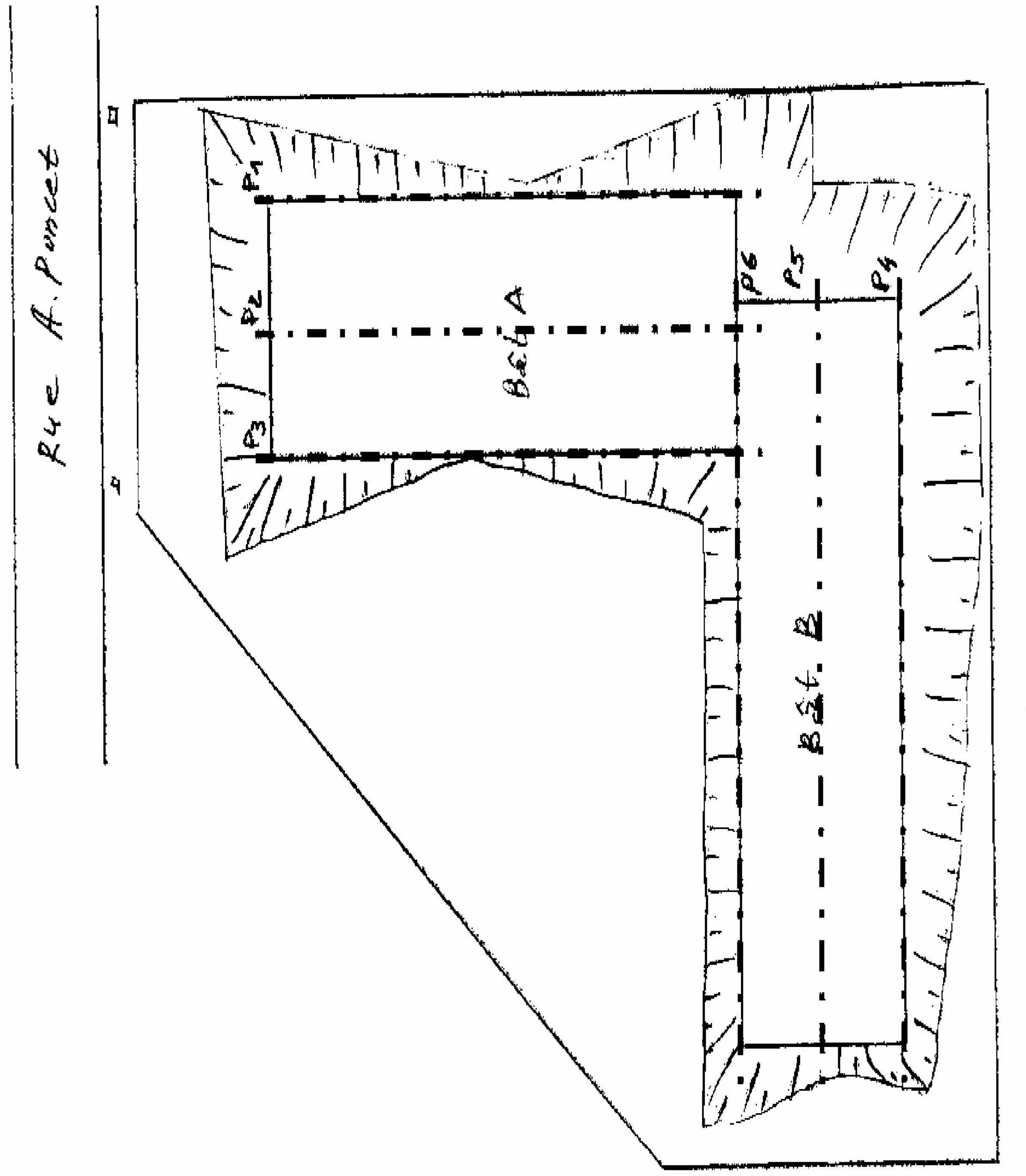
Soit à calculer le volume de l'excavation pour la construction des bâtiments A et B selon le plan schématique ci-dessous :

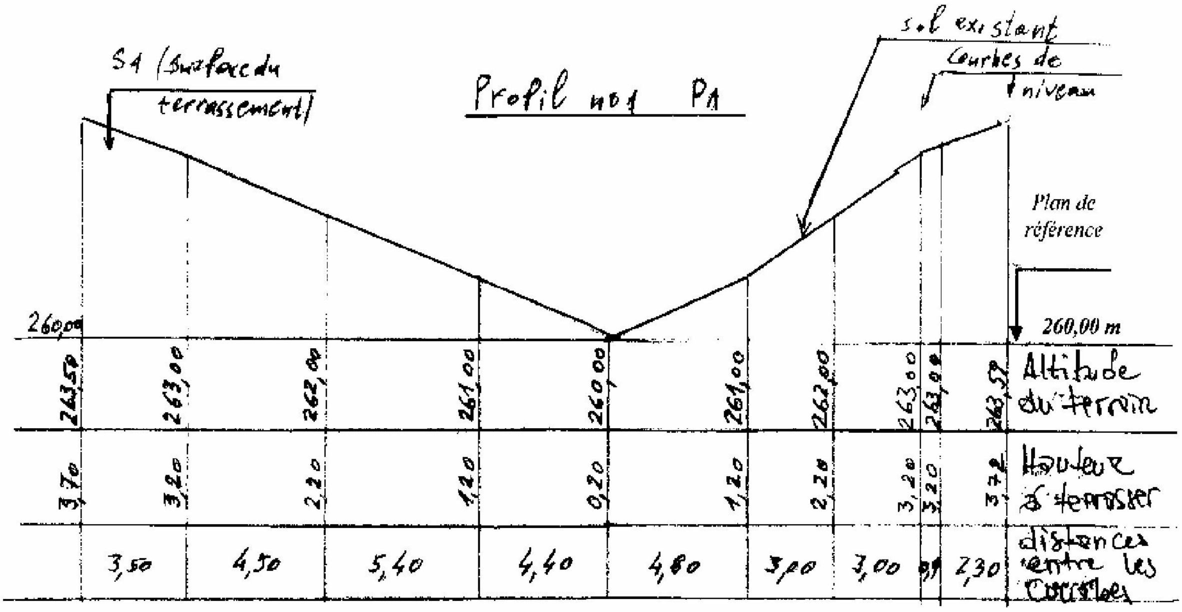


La cote du fond de l'excavation est à 259,80 m.

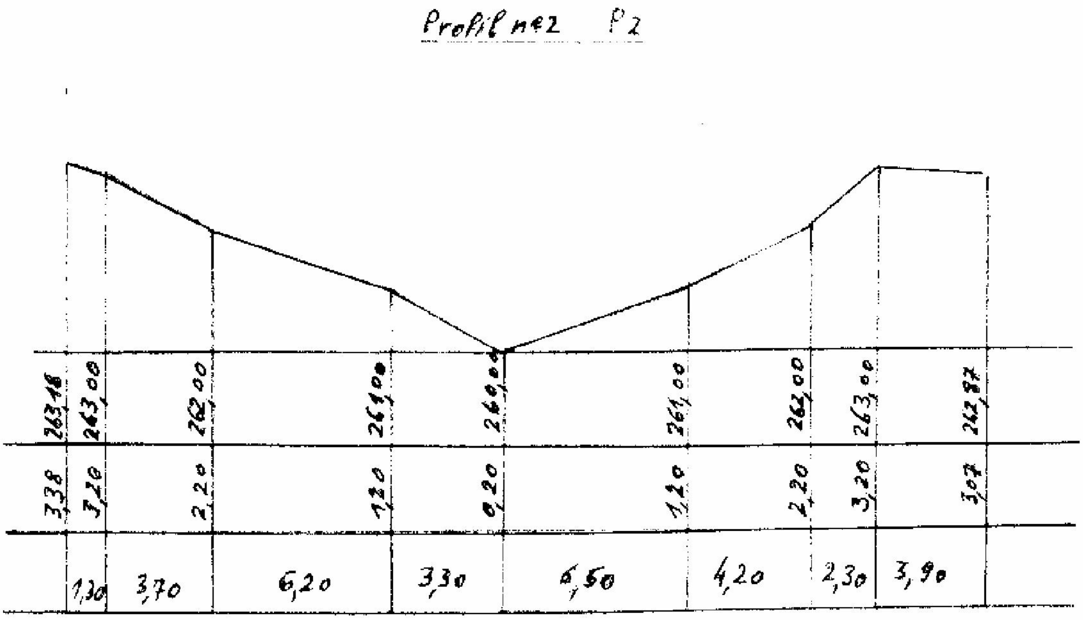
Pour faciliter les calculs, nous utiliserons 3 profils sur chaque bâtiment, et prendrons un plan de référence à la cote 260,00 m. Il suffira ensuite d'ajouter 20 cm aux hauteurs.

On donne les profils P_1, P_2 et P_3.

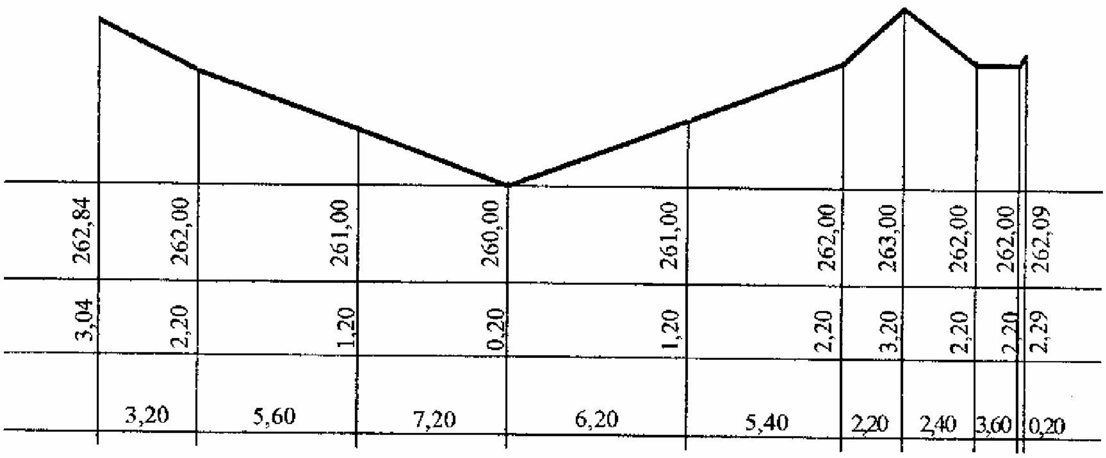

Rue A. Poncet
P1
P2
P3
P4
P5
P6
Bât A
Bât B



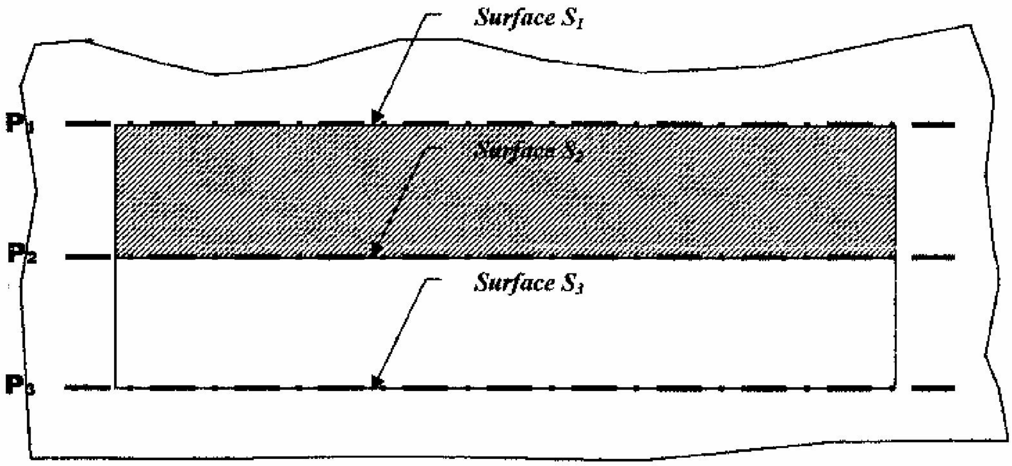
L'altitude de la fouille étant à 259,80 m, les hauteurs à terrasser sont donc majorées de 0,20 m



Profil P_3



<u>Calcul des cubatures</u> :



Calcul de S_1 : Surface du profil P_1

$$\frac{3,70+3,20}{2}\times 3,50+\frac{3,20+2,20}{2}\times 4,90+\frac{2,20+1,20}{2}\times 5,40+\frac{1,20+0,20}{2}\times 4,40+\frac{0,20+1,20}{2}\times 4,80+$$
$$\frac{1,20+2,20}{2}\times 3,00+\frac{2,20+3,20}{2}\times 3,00+3,20\times 0,70+\frac{3,20+3,79}{2}\times 2,30=\mathbf{64,40}\text{ m}^2$$

Même calcul pour les autres profils

Volume à excaver :

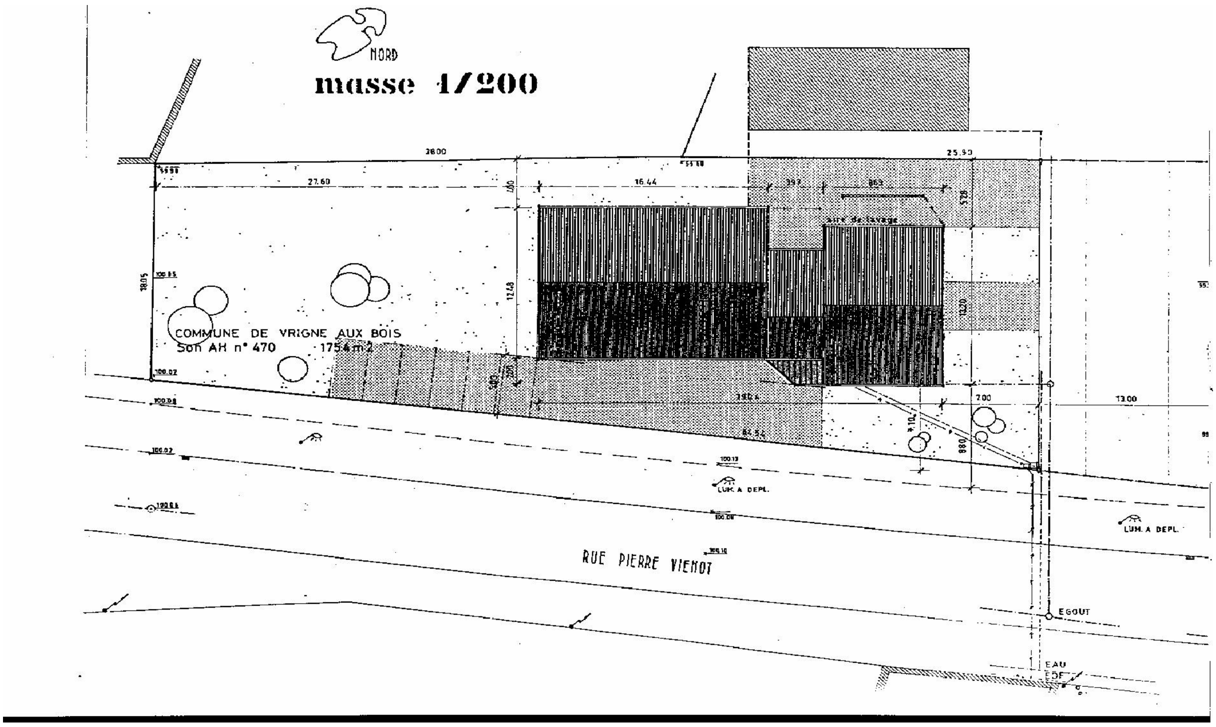
Bât A : $V_A = \frac{S1+S2}{2}\times 5,60+\frac{S2+S3}{2}\times 5,60$

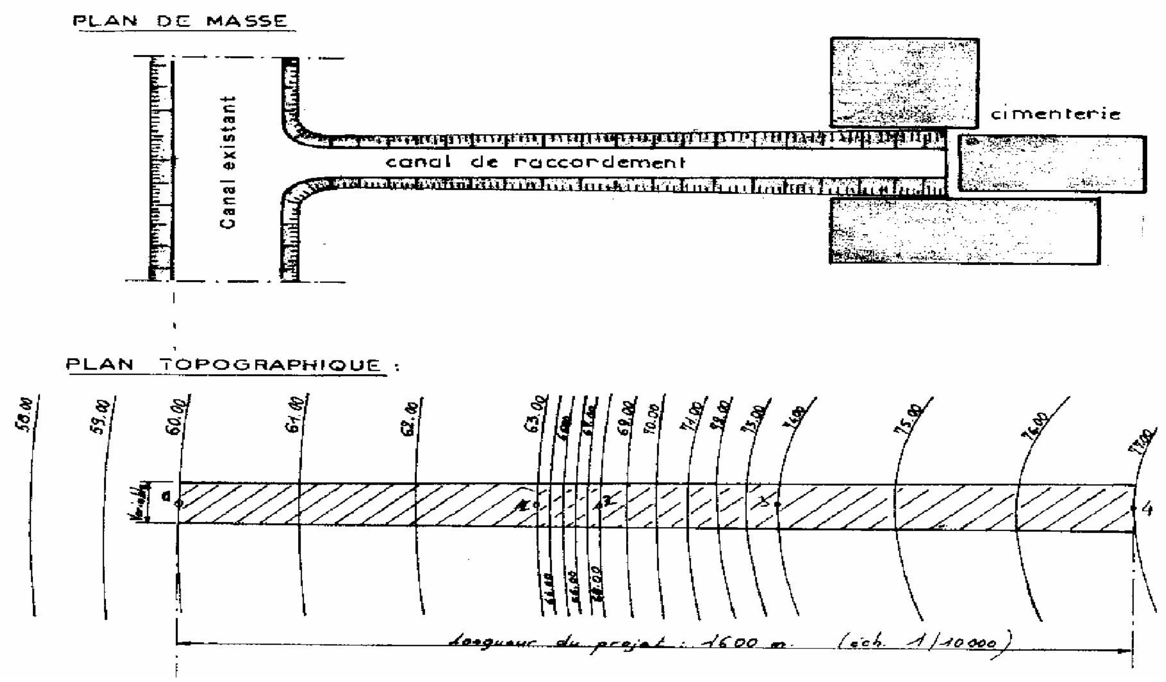
Bât B : $V_B = \frac{S4+S5}{2}\times 5,60+\frac{S5+S6}{2}\times 5,60$

Ajouter 245 m^3 pour les talus.

8- PLAN DE MASSE

Plan de masse est un dessin très important pour un chantier. Le but est de présenter tous les bâtiments et les communications sur ou sous terrain dans les limites du terrain, destiné pour ce chantier. La création de plan de masse est un procès très difficile. Il y a besoin des efforts des spécialistes de divers branches : architectes, technologistes,ingenieurs,topo, etc. Le travail pour le topographe et de créer un système de coordonnées local sur le terrain, de matérialiser avec des bornes en béton certaines points sur les places convenables et plus tard d'implanter avec les coordonnées les divers projets. Sur le plan de masse chaque bâtiment,l'axe de la route ou communication sous terrain doit être présenter avec X et Y de ce système local. Le plan de masse est la base pour le terrassement du terrain. Le nombre des feuilles d'un plan de masse dépend de surface du chantier et de l'échelle du dessin. 1 : 500 est l'échelle le plus convenable qui nous donne la possibilité de distinguer chaque chose sur le plan de masse.Les coordonées de chaque bâtiment sont fixés aux diagonales, pour les axes des rues - au carrefours, pour les canalisations - sur les regards. Chaque déviation est obligatoire d'être fixer avec X et Y. Dans chaque bureau d'étude il y a un responsable pour le plan de masse et chaque projet ne peut pas sortir sans la signature de ce responsable. De ce manière on peut éviter beaucoup de fautes pour les positions des divers bâtiments et communications dans les limites du chantier.


NORD
masse 1/200
COMMUNE DE VRIGNE AUX BOIS
Son AH n° 470 1754 m2
RUE PIERRE VIENOT
LUM. A DEPL.
EGOUT
EAU


PLAN DE MASSE
Canal existant
canal de raccordement
cimenterie
PLAN TOPOGRAPHIQUE :
longueur du projet : 1600 m. (éch. 1/10 000)

DESCRIPTION DU PROJET:

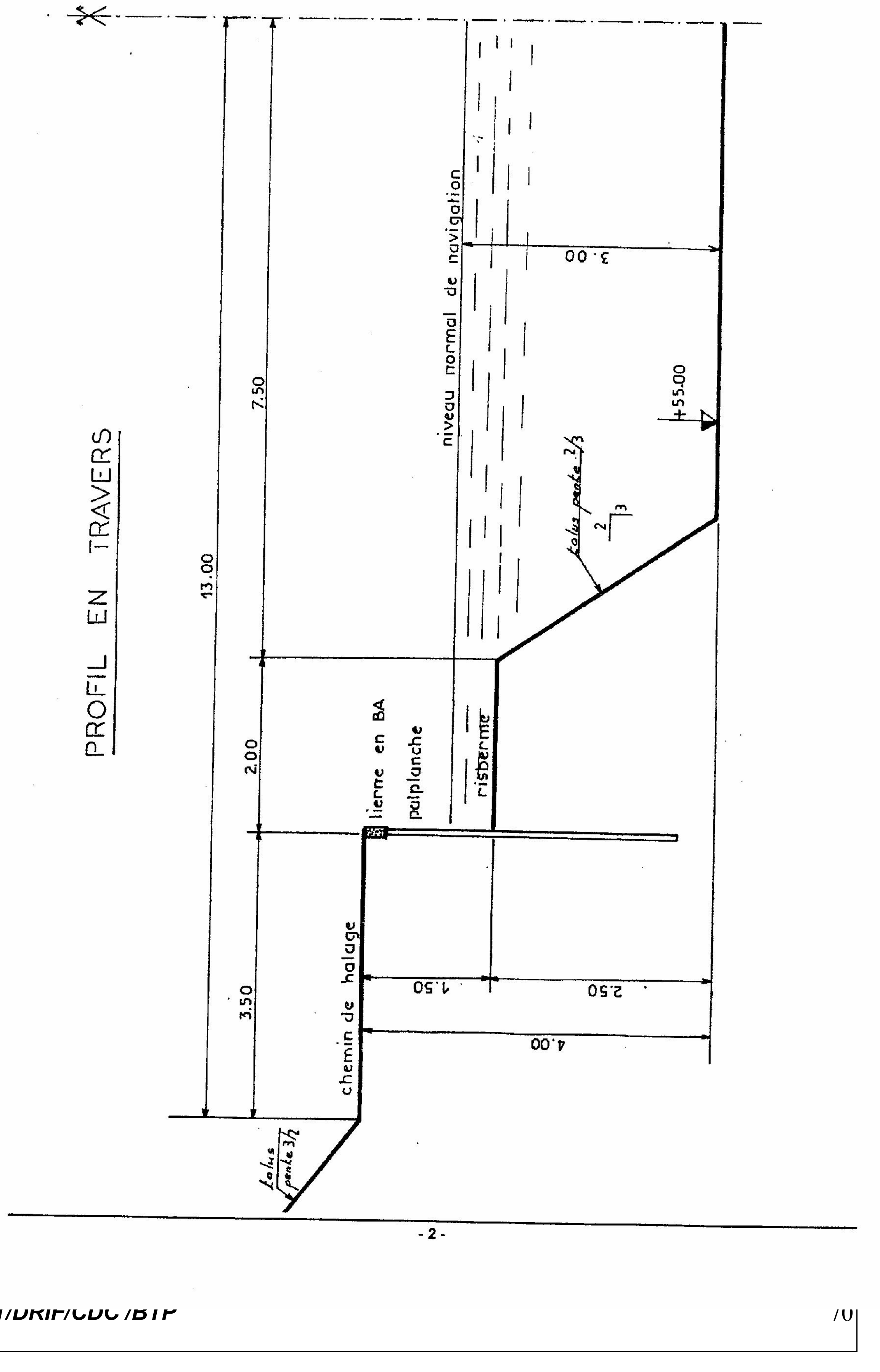
Création d'un canal de 1600 m de longueur destiné à raccorder une cimenterie à un canal existant.

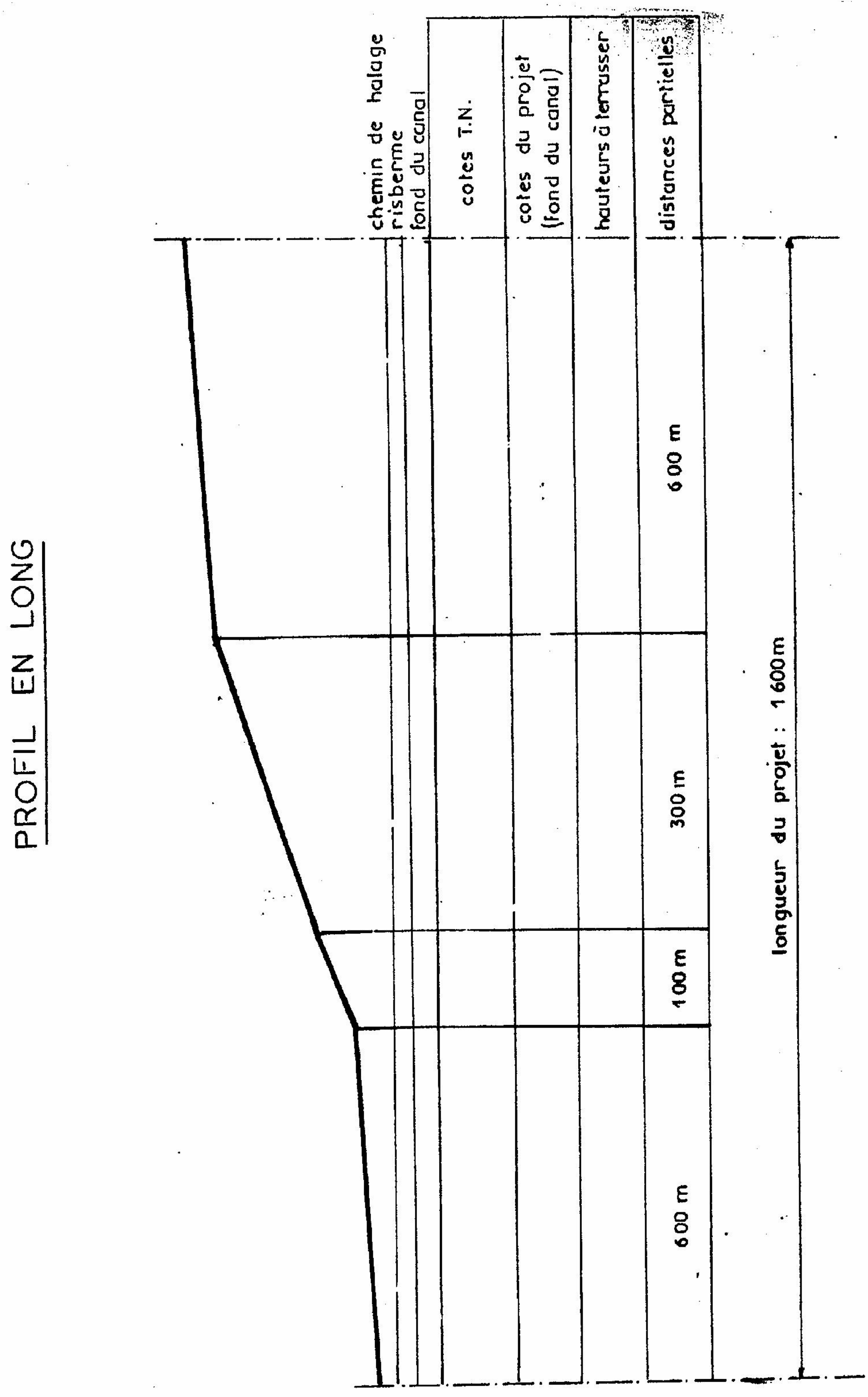
La dénivelée entre le niveau de navigation et le sol de la cimenterie est de 19 m. Ne disposant pas d'une alimentation en eau suffisante pour prévoir des écluses, il a été décidé de maintenir l'ouvrage au niveau du canal existant, soit à la cote + 58,00 m.

Les travaux à exécuter comprennent :

- Terrassement d'une tranchée limitée par des talus de pente 3/2 (b/h) ;
- Exécution d'un chemin de halage de 3,50 m de largeur de part et d'autre du canal ;
- Protection des berges par un rideau de palplanches couronné par une lierne en béton armé.

Métré


PROFIL EN TRAVERS
13.00
7.50
2.00
3.50
niveau normal de navigation
3.00
+55.00
talus pente 2/3
2
3
risberme
lierre en BA
palplanche
chemin de halage
1.50
2.50
4.00
talus pente 3/2



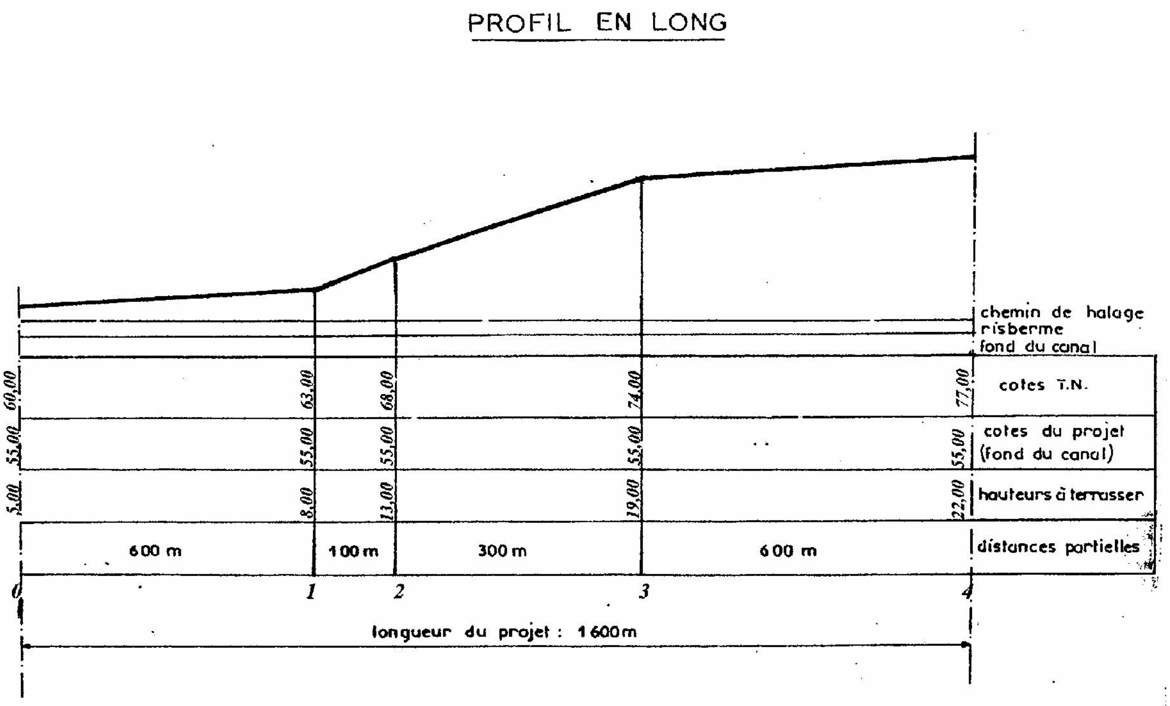
PROFIL EN LONG
chemin de halage
risberme
fond du canal
cotes T.N.
cotes du projet (fond du canal)
hauteurs à terrasser
distances partielles
600 m
300 m
100 m
600 m
longueur du projet : 1600 m

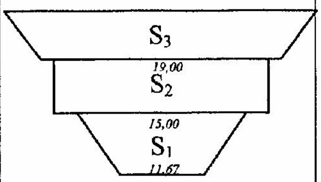
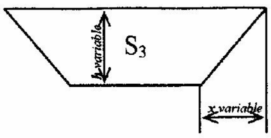
① Compléter le profil en long de l'ouvrage.

② Calculer le volume de déblais à excaver.

Exactitude des calculs de surfaces et de volumes.

CORRECTION



CROQUIS	N° PROFIL	DETAILS SURFACES LARG.	HAUT.	SURF.	INTER-PROFIL	SURF. MOYENNE	LONG. APPLIC.	CUBES PARTIELS	CUBE TOTAL
		15,00 11,67	2,50	33,34	0-4	33,34	1600	53344	
		19,00	1,50	28,50	0-4	28,50	1600	45600	
S_1 et S_2 sont constantes									
	0	26,00 29,00	1,00	27,50					
					0-1	77,75	600	46650	
	1	26,00 38,00	4,00	128,00					
					1-2	241,75	100	24175	
	2	26,00 53,00	9,00	355,50					
					2-3	541,50	300	162450	
	3	26,00 71,00	15,00	727,50					
					3-4	840,75	600	504450	
	4	26,00 80,00	18,00	954,00					
									836669 m³

Guide de travaux pratique

RAPPELS DE TRIGONOMETRIE

Cette annexe n'est pas un cours de trigonométrie. Seules les applications topographiques sont décrites. Le but est, soit de rappeler certaines formules à ceux qui ont des notions de trigonométrie, soit de permettre à ceux qui ne l'ont jamais étudiée de résoudre facilement les problèmes simples qui se posent en topographie.

La plupart des appareils de mesures d'angles horizontaux sont gradués dans le sens des aiguilles d'une montre. Les gisements (définition donnée au § I.6.b) sont également comptés dans ce sens. Pour cette raison, nous ne parlerons pas d'arcs orientés trigonométriques dont le sens positif est inverse. Certaines «solutions pratiques» permettent de mener à bien les calculs.

Définitions : Extension des notions d'arc et d'angle

— En trigonométrie, on utilise souvent comme unité d'arc : *le radian.*

— *Arc généralisé* : C'est un arc dont la mesure peut dépasser 400 grades.

— *Cercle orienté* : C'est un cercle sur lequel on a choisi un sens de parcours comme sens positif (en topographie, sens des aiguilles d'une montre).

Un angle au centre à même mesure que l'arc intercepté en unités correspondantes.

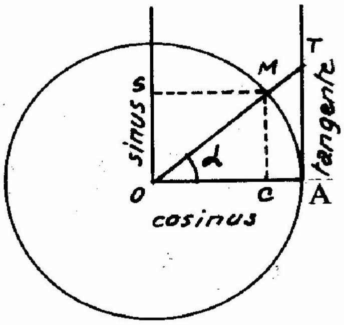
Fonctions circulaires

— Soit un cercle de rayon «UNITE».

On appelle :

sinus de l'arc $\overset{\frown}{AM}$ ou de l'angle MOA OS = CM = (sin)
cosinus de l'arc $\overset{\frown}{AM}$ ou de l'angle MOA OC = SM = (cos)

tangente de l'arc $\widehat{AM}$ ou de l'angle MOA $AT = \frac{\sin MOA}{\cos MOA} = (tg)$



$$\text{cotangente} = \frac{1}{\text{tangente}} = \frac{\text{cosinus}}{\text{sinus}} = (\text{cotg})$$

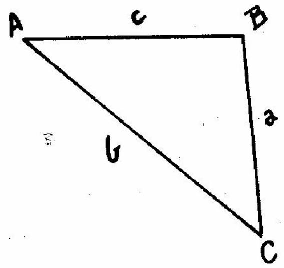
$$OS = CM = \sin \alpha \text{ donc } OC^2 + CM^2 = OM^2$$

mais $OM = 1$ d'où

$$\sin^2 + \cos^2 = 1$$

Formules dans le triangle quelconque

La plupart des problèmes topographiques font appel à la formule dite « relation des sinus ».



$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

$$a = \frac{b \sin A}{\sin B} = \frac{c \sin A}{\sin C}$$

$$b = \frac{a \sin B}{\sin A} = \frac{c \sin B}{\sin C}$$

$$c = \frac{a \sin C}{\sin A} = \frac{b \sin C}{\sin B}$$

Désignons AB par c
BC par a
AC par b

Ces formules restent valables pour le triangle rectangle. Un des angles étant égal à 100 grades, le sinus est égal à 1.

Autre formule utilisée (plus rarement)

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2\,bc \cos A$$

et les deux relations analogues :

$b^2 = a^2 + c^2 - 2\,ac \cos B$
$c^2 = a^2 + b^2 - 2\,ab \cos C$

Surface d'un triangle (S)

$$S = 1/2\ bc \sin A$$
$$S = 1/2\ ca \sin B$$
$$S = 1/2\ ab \sin C$$

Angles et arcs complémentaires

$\sin\left(\frac{\pi}{2} - A\right) = \cos A$

$\cos\left(\frac{\pi}{2} - A\right) = \sin A$

$\text{tg}\left(\frac{\pi}{2} - A\right) = \text{cotg } A$

$\text{cotg}\left(\frac{\pi}{2} - A\right) = \text{tg } A$

$2\pi = 400$ gr
$\pi = 200$ gr
$\frac{\pi}{2} = 100$ gr
sin 30 gr = cos 70 gr
tg 79 gr = cotg 21 gr

Règle mnémoniques pour les utilisateurs de tables de valeurs naturelles

– Lorsque le chiffre des *centaines* de grades est *pair* la ligne trigonométrique *ne change pas.*

– Lorsque le chiffre des *centaines* de grades est *impair* la ligne trigonométrique *change.*

sin 120 gr = cos 20 gr   sin 220 gr = sin 20 gr

La somme des angles d'un triangle est égale à 200 grades

$$A + B + C = 200 \text{ gr}$$

Applications numériques

1) Triangle rectangle

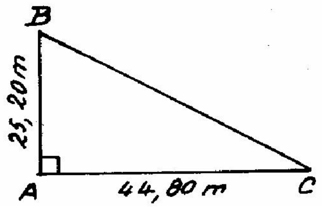
a) On connaît les deux côtés de l'angle droit

$BC^2 = AB^2 + AC^2$ (théorème de Pythagore)
$= (25{,}20)^2 + (44{,}80)^2 = 2\,642{,}08$ $BC = \sqrt{2\,642{,}08} = 51{,}40$ m

$$\frac{BC}{\sin A} = \frac{AB}{\sin C} = \frac{AC}{\sin B}$$ A = 100 grades   sin A = 1

$\sin C = \frac{AB}{BC} = \frac{25{,}20}{51{,}40} = 0{,}49027$ C = 32,62 gr

$\sin B = \frac{AC}{BC} = \frac{44{,}80}{51{,}40} = 0{,}87160$ B = 67,38 gr



On est ramené au cas précédent pour calculer les angles A et C.

3) Autres formules

Les formules relatives sont celles qui sont les plus utilisées dans les calculs topométriques. Il est toutefois utile de connaître quelques autres relations.

a) Formules d'addition

$$\sin(a+b) = \sin a \cos b + \sin b \cos a$$

$$\cos(a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$$

$$\mathrm{tg}\,(a+b) = \frac{\mathrm{tg}\,a + \mathrm{tg}\,b}{1 - \mathrm{tg}\,a\,\mathrm{tg}\,b}$$

b) Formules en tg $\frac{\alpha}{2}$ (utilisées pour les calculs d'implantation de courbes)

On pose $t = \mathrm{tg}\frac{\alpha}{2}$

$$\sin\alpha = \frac{2t}{1+t^2}$$

$$\cos\alpha = \frac{1-t^2}{1+t^2}$$

$$\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{2t}{1-t^2}$$

c) Lignes trigonométriques des petits angles

Si α est très petit (en topométrie $\leqslant$ 4 grades).

On admet que les sinus MH, la tangente AT et l'arc AM ont sensiblement la même valeur.

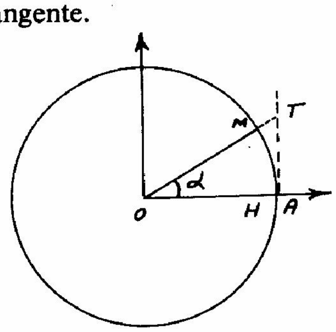
Par conséquent, la mesure d'un très petit angle exprimé en radians est très voisine de la valeur numérique de son sinus ou de sa tangente.

Exemple :

$\alpha = 3{,}738$ gr $= 3{,}738 \times 0{,}015708 = 0{,}05872$ rd

$\sin 3{,}738 = 0{,}05868$

$\mathrm{tg}\ 3{,}738 = 0{,}05878$



Soit une erreur inférieur à 1 cm pour 100 m.

TPN°1 : MISE EN STATION D' UN NIVEAU DE CHANTIER

II.1. Objectif visé : On doit vérifier si les stagiaires ont appris le manier de mise en station un niveau de chantier.

II.2. Durée du TP : 2 heures

……………………………………………………………………………………………..

II.3. Equipement : Un niveau de chantier et un trépied

II.4. Description du TP : Le niveau n'étant pas (ou très rarement) stationné sur un point donné, le trépied est posé sur un point quelconque.
Le stagiaire doit reculer après avoir positionné le trépied afin de s'assurer de l'horizontalité du plateau supérieur. Lorsque le plateau est approximativement horizontal, le stagiaire y fixe le niveau.

II.5. Déroulement du TP :

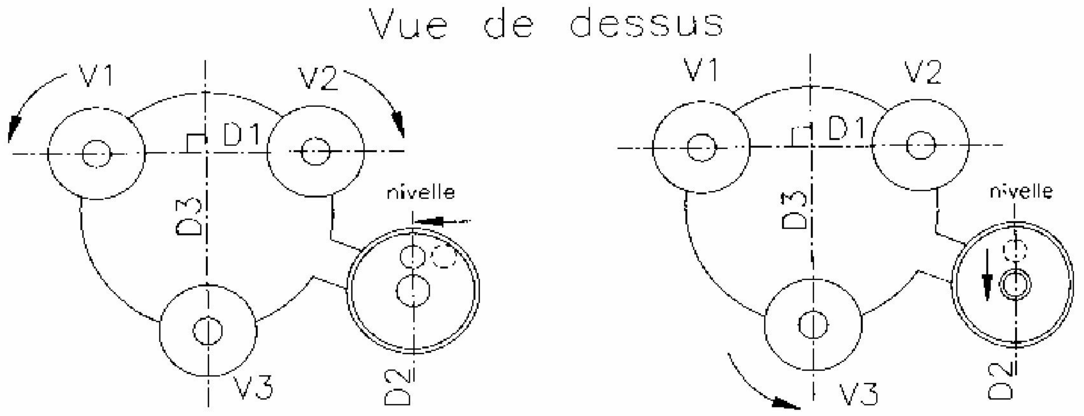


Fig.82 : Calage de la nivelle sphérique

Le calage de la **nivelle sphérique** se fait au moyen des vis calantes, comme indiqué sur la figure **82** : en agissant sur les deux vis calantes V1 et V2 (en les tournant en sens inverse l'une de l'autre), l'opérateur fait pivoter le corps du niveau autour de la droite D3. Il amène ainsi la bulle de la nivelle sur la droite D2 parallèle à D3. En agissant ensuite sur la vis calante V3, il fait pivoter le niveau autour de la droite D1 et centre ainsi la bulle dans le cercle de centrage de la nivelle sphérique.

Ce calage n'est pas très précis car la nivelle sphérique est d'une **sensibilité** relativement faible : par exemple, pour un NA20, la sensibilité de la nivelle sphérique est de 8′/2 mm soit une rotation angulaire de 15 cgon pour un déplacement de 2mm . Une erreur de calage de la bulle de 0,2 mm entraînerait donc une erreur angulaire de $\varepsilon = 1,5$ cgon

La visée sur une mire placée à 35 m donne un écart $e = 35.10^3 . \tan\varepsilon \approx 8$ mm sur la mire (voir fig. **83**). Nous verrons que les lectures sur mire sont appréciées au millimètre près : cette erreur due à l'imprécision de la nivelle est donc inacceptable.

En fait, sur un niveau moderne (dit « automatique »), le calage de la nivelle sphérique ne sert qu'à **approcher** l'axe principal de la verticale. L'horizontalité de la ligne de visée est ensuite calée plus finement par un **automatisme** qui ne fonctionne correctement que lorsque l'axe vertical est proche de la verticale.

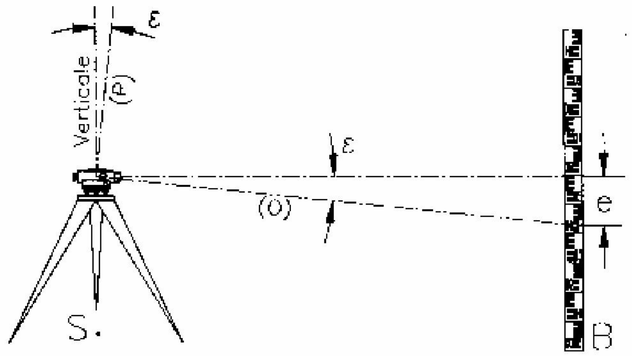


Fig. ***83*** *: Erreur de lecture due à une nivelle fausse*

Sur un niveau sans automatisme, une **nivelle torique** de directrice parallèle à l'axe optique permet un calage précis de la ligne de visée, mais elle doit être calée avant **chaque pointé** sur mire. Son calage et son réglage obéissent aux mêmes principes que les nivelles toriques des théodolites .

TPN°2 : Nivellement
Durée : 4 heures

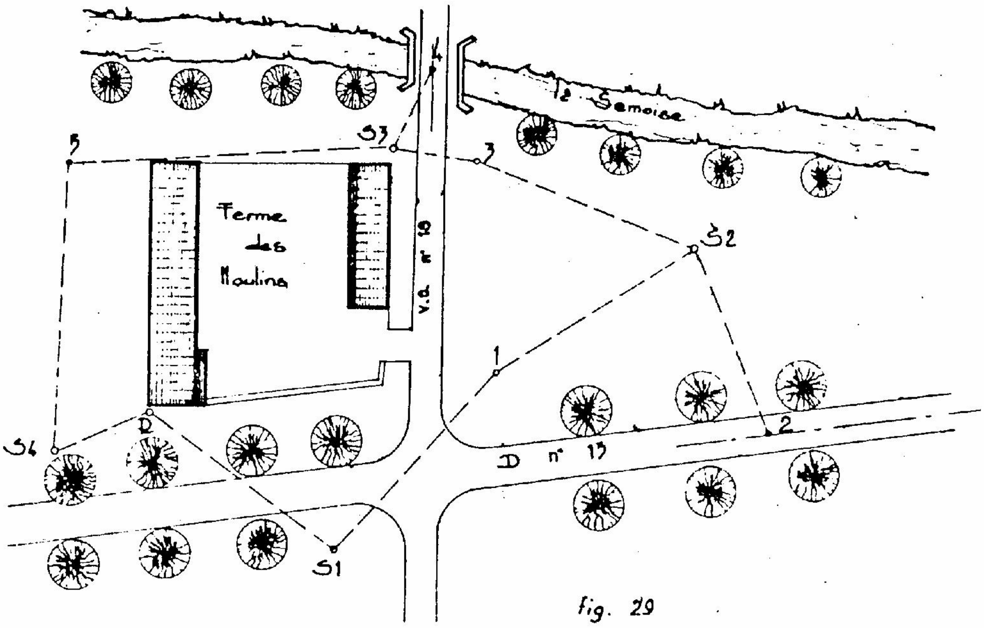


fig. 29

Repère R du N.G. M : Altitude 125,275

Altitudes recherchées ? : Points 2 et 4

Station S1	Coup sur R	0,317
	Coup sur 1	0,882
Station S2	Coup sur 1	1,121
	Coup sur 2	0,914
	Coup sur 3	1,377
Station S3	Coup sur 3	1,426
	Coup sur 4	1,303
	Coup sur 5	1,102
Station S4	Coup sur 5	1,328
	Fermeture sur R	0,825

TOPOGRAPHIE

TOPO — Feuille de Nivellement

FERME DES MOULINS

N° des points	Lecture sur mire + AR	Lecture sur mire − AV	Différences en + en montant	Différences en − en descendant	Cote ou Altitudes	OBSERVATIONS
R	0,317				125,275	Repère N G M
1	1,121	0,882		0,565	124,710	
2	0,914	0,914	0,207		124,917	Axe D n° 13
3	1,426	1,377		0,463	124,454	
4	1,303	1,303	0,123		124,577	Axe Pont sur VO 18
5	1,328	1,102	0,201		124,778	
R		0,825	0,503		125,281	
						1ère METHODE
Totaux	6,409	6,403	1,034	1,028		
diff. égales	+ 0,006		+ 0,006			Ecart de fermeture : 6 mm

TOPO	Feuille de Nivellement

FERME DES MOULINS

N° des Points	Lecture sur mire + AR	Lecture sur mire – AV	Différences en + en montant	Différences en – en descendant	Cote ou Altitudes	OBSERVATIONS
R	0,317				125,275	Repère N G M
1	1,121	0,882		0,565	124,710	
		(0,914)	(0,207)		124,917	Axe D n° 13
	1,426	1,377		0,256	124,454	
		(1,303)	(0,123)		124,577	Axe Pont sur VO 18
	1,328	1,102	0,324		124,778	
		0,825	0,503		125,281	
						2ème METHODE
[illegible] ...ff. ...ales	4,192	4,186	0,827	0,821		
	+ 0,006		+ 0,006			

Ecart de fermeture : 6 mm

TPN°3:Levés par abscisses et ordonnées :
Durée : 4 heures

Buts : Effectuer le levé de points de détail et faire leur mise en plan.

Matériel requis :
- ruban d'acier
- équerre optique
- jalons
- porte-jalons
- matériel de dessin

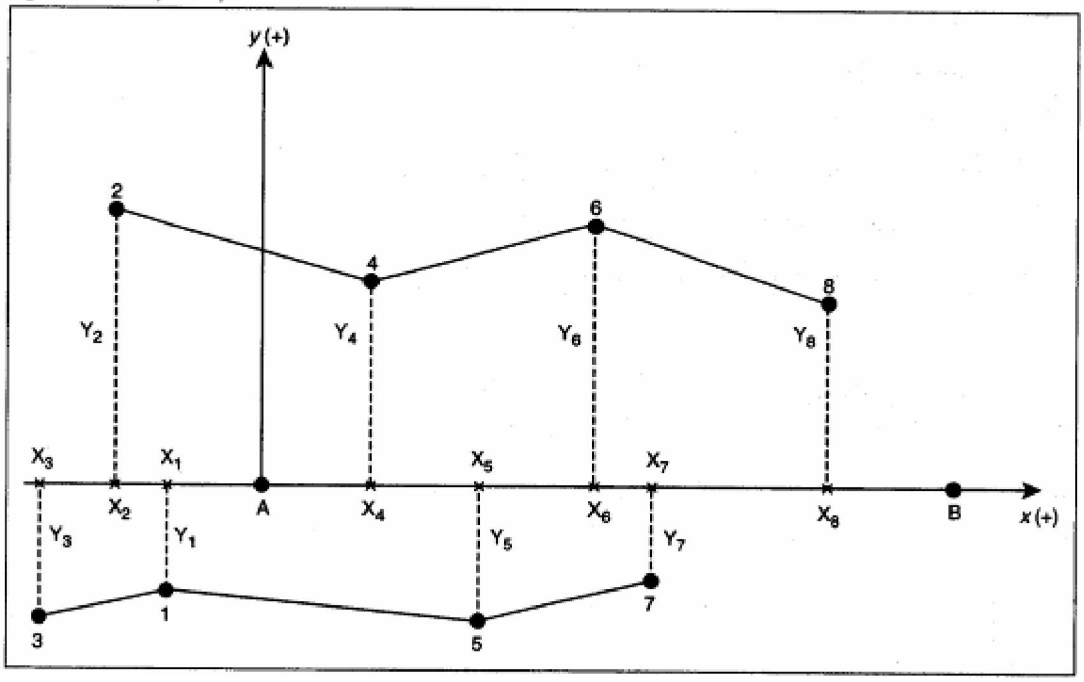
Mise en situation

Au cours de cet exercice, vous aurez à repérer les points d'appui A et B (figure 2.6) et à installer un jalon sur chacun de ces points. Vous devrez ensuite déterminer les points de projection perpendiculaires aux points de détail 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 sur la ligne d'opération AB à l'aide de l'équerre optique. Enfin, vous aurez à tracer un croquis sur lequel figurera la position des points de détail.

Marche à suivre

1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce travail pratique.
2. Planifiez le travail :
   a) Sélectionnez les outils appropriés.
   b) Choisissez les postes de chaque membre constituant la brigade.
3. Consultez le croquis du travail à réaliser (figure 2.6).

Figure 2.6 Croquis de points de détail



4. Matérialisez la ligne d'opération AB par des jalons.
5. Matérialisez les points de détail 1, 2, 3, etc., par des jalons.
6. Déterminez la projection des points de détail sur la ligne d'opération AB à l'aide de l'équerre optique.
7. Mesurez les distances entre les points projetés et les points d'appui A ou B (abscisses).
8. Mesurez les distances entre la position des points de détail et leur projection sur la ligne d'opération AB (ordonnées).
9. Préparez le travail de dessin :
   a) Sélectionnez le matériel approprié.
   b) Choisissez l'échelle du dessin.
10. Reportez :
    a) la position des points A et B sur la feuille de dessin;
    b) les distances (abscisses cumulées) sur la ligne d'opération AB (préalablement tracée sur la feuille de dessin);
    c) les distances (ordonnées) perpendiculairement à la ligne d'opération AB.
11. Repérez les points de détail 1, 2, 3, etc., apparus après le report des distances et liez-les avec des traits.
12. Tracez le dessin à l'encre.
13. Rédigez un rapport technique.

TPN°4:Levé planimétrique d'un ouvrage
Durée :6 heures

But : Effectuer le levé planimétrique d'un ouvrage par coordonnées polaires.

Matériel requis :

- tachéomètre et accessoires
- ruban d'acier
- jalons
- piquets

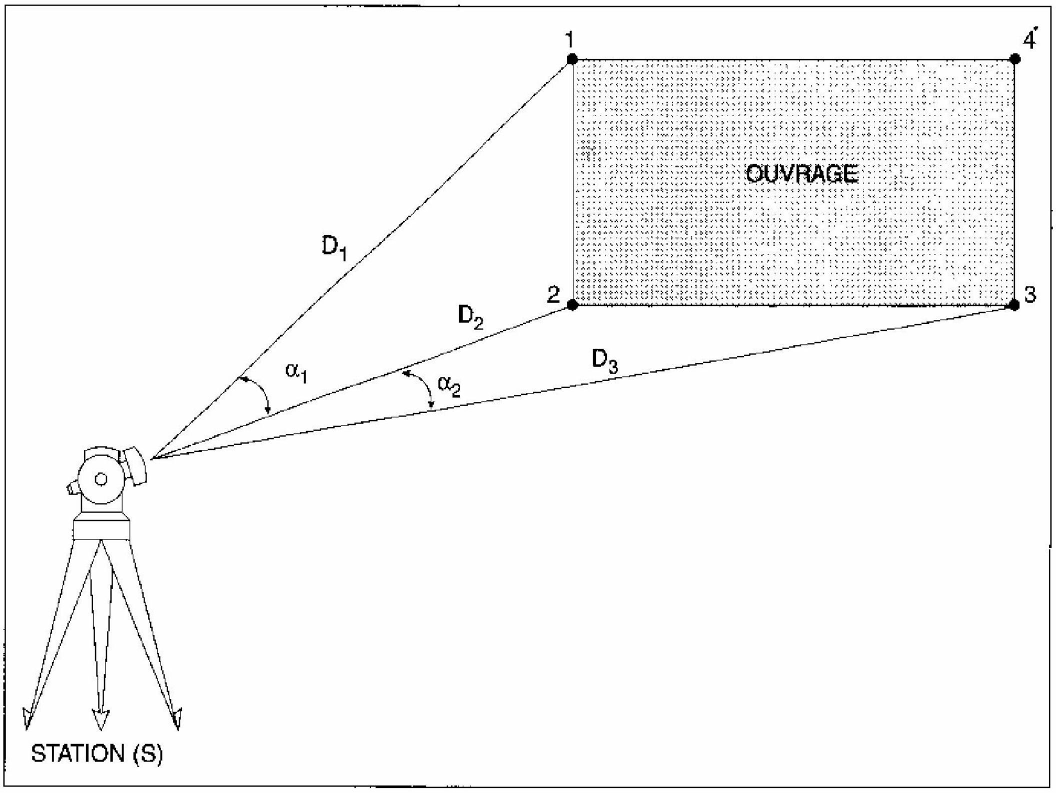
Mise en situation

Votre tâche consiste à mesurer et à déterminer précisément, à l'aide d'un tachéomètre, la position des points 1, 2 et 3 d'un ouvrage (calcul des distances et des angles) à partir d'une station connue (figure 3.7).

Marche à suivre

1. Faites d'abord la **lecture complète** des diverses étapes de ce travail pratique.
2. Choisissez un point de repère (point de station) (figure 3.7).

Figure 3.7 Levé planimétrique d'un ouvrage par coordonnées polaires



3. Tracez un croquis du site de travail.

Tous les points levés doivent figurer sur ce croquis à leur place respective et avec leur numéro.

4. Procédez à la mise en station de l'appareil sur la station choisie (S).
5. Réglez la nivelle de l'appareil à l'aide des vis calantes.
6. Effectuez la mise au point (visibilité de la lecture sur la mire).
7. Visez les points de détail (1, 2, 3) de l'ouvrage avec la lunette de l'appareil utilisé.
8. Notez les valeurs des lectures effectuées sur la mire dans l'ordre suivant :
   - Lecture supérieure (L_{sup}) : fil stadimétrique supérieur;
   - Lecture moyenne (L_{moy}) : fil niveleur;
   - Lecture inférieure (L_{inf}) : fil stadimétrique inférieur.

rappel

Lecture supérieure + lecture inférieure = deux (2) fois la lecture moyenne ($L_{sup} + L_{inf} = 2\ L_{moy}$). Ce contrôle permet de diminuer les fautes de lecture.

9. Faites la lecture de l'angle vertical (V).

Certains appareils donnent directement la valeur de l'angle de site (*i*). Il devient alors facile de calculer l'angle vertical à l'aide de la formule suivante :
$V = 100 - i$
dans laquelle :
i : angle entre le plan horizontal et l'objet visé.

10. Effectuez le calcul des distances en utilisant la formule suivante :
    $D = 100\ (L_{sup} - L_{inf}) \times (\sin V)^2$
11. Faites la lecture de l'angle horizontal (Hz) sur le cercle horizontal de l'appareil pour chacune des directions.
12. Calculez les angles horizontaux α_1 et α_2 en utilisant la formule suivante :
    a = Hz (suivant) – Hz (précédent)
13. Remplissez le tableau de la figure 3.8

Figure 3.8

STATION	Points visés	Lectures			Angle V (gr)	Lecture Angle Hz (gr)	Angle α (gr)*	Distance D (m)
		Sup.	Moy.	Inf.				
S	1	—	—	—	—	—		—
							—	
	2	—	—	—	—	—		—
							—	
	3	—	—	—	—	—		—

* Angle horizontal α = lecture d'angle Hz (suivant) – lecture d'angle Hz (précédent)

14. Rédigez un rapport technique.

Faites vérifier vos résultats.

RÉSUMÉ

- La mesure rapide des distances et des angles s'effectue par levé tachéométrique, réalisé à l'aide d'un tachéomètre.
- Une brigade topographique est habituellement constituée d'un chef de brigade, d'un croquiseur, d'un opérateur, d'un teneur de carnet et d'un ou de plusieurs porte-mire.
- On distingue deux types de levés : le levé planimétrique et le levé altimétrique.
- Le levé planimétrique porte sur :
  - la mesure des distances au sol;
  - la mesure des angles (horizontaux).
- Les méthodes de levé planimétrique les plus simples sont le levé par abscisses et ordonnées et le levé par rayonnement (coordonnées polaires).
- Le levé altimétrique permet :
  - la mesure des altitudes;
  - la mesure des dénivelées.

TPN°5:Implantation par rayonnement

Durée : 4 heures

Travail pratique
Implantation par rayonnement

But : Matérialiser un point sur le terrain par rayonnement.

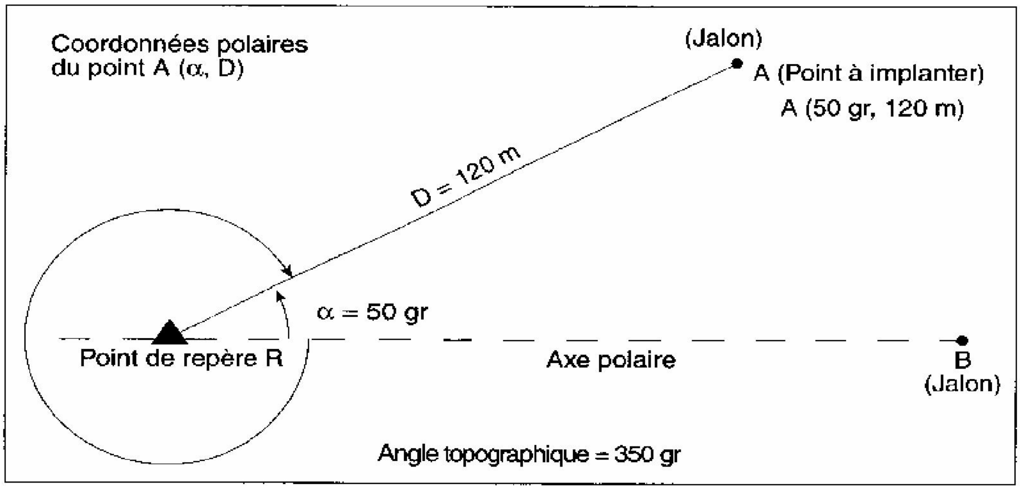
Matériel requis :

- tachéomètre et accessoires
- ruban d'acier
- jalons
- piquets

Marche à suivre

1. Faites d'abord la **lecture complète** des diverses étapes de ce travail pratique.
2. À l'aide d'un croquis d'implantation, matérialisez la ligne d'opération (RA) en prenant le point de repère R comme station de l'appareil topographique et en posant un jalon sur le point B, comme le montre la figure 4.3

Figure 4.3



3. Mettez le tachéomètre en station sur le point R.
4. Bloquez le cercle horizontal sur la valeur L_0 = 0,0000 gr.
5. Visez le point B à l'aide de la lunette de l'appareil.
6. Libérez la vis de blocage de l'appareil et faites-le tourner jusqu'à ce que la lecture L_1 = 350 gr s'affiche.
7. Matérialisez la direction du point A à l'aide d'un jalon.
8. Reportez la distance horizontale RA = 120 m à l'aide du ruban d'acier et matérialisez définitivement le point A avec un piquet.

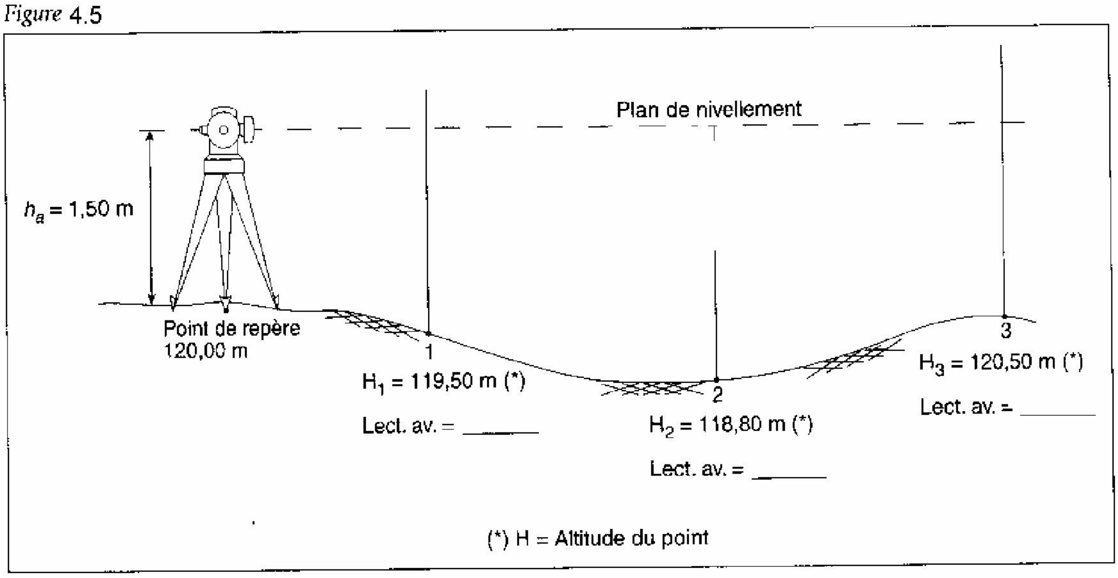
Lorsque le terrain est accidenté, il est nécessaire d'implanter le point A avec la mire de l'appareil, puisqu'il est impossible de reporter la distance à l'aide du ruban d'acier ou d'une chaîne. À ce moment, l'anneau commutateur du tachéomètre doit être à la position D et la lecture sur la mire doit être égale à 1,2 cm.

Faites vérifier votre travail.

TPN°6 : Implantation d'un profil
Durée : 4 heures

1. Soit à implanter l'altitude des points d'un profil constituant l'axe d'une route par exemple (figure 4.5).

Figure 4.5



a) Décrivez la marche à suivre pour implanter les points de ce profil.

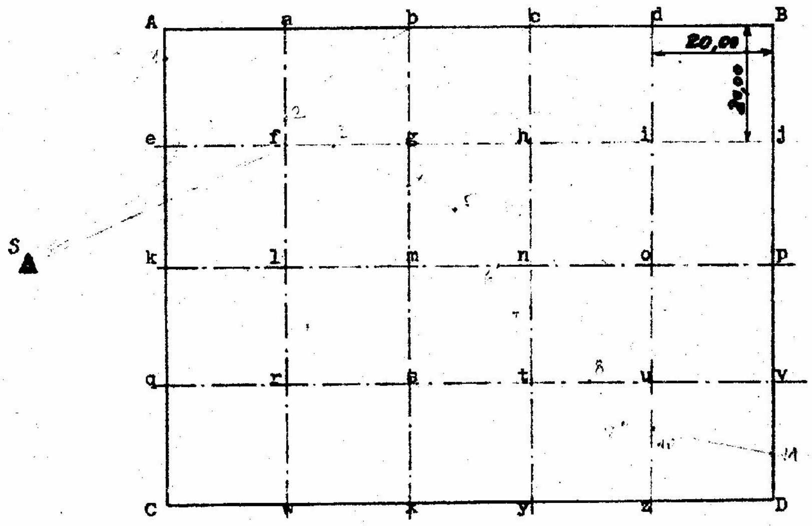
b) Calculez les valeurs des lectures avant qui doivent s'afficher sur la mire pour les différents points du profil représenté sur la figure 4.5 .

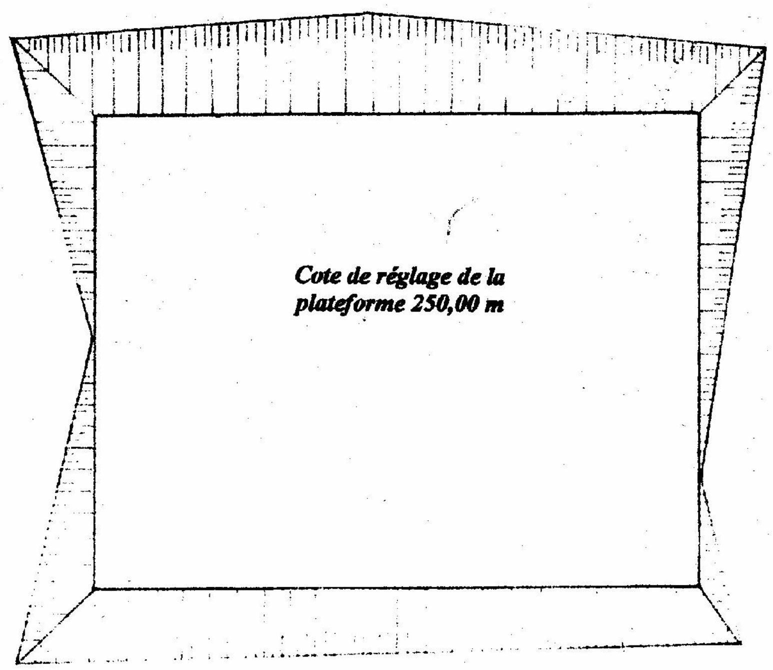
TPN°7 : Cubature des terrassements : méthode des plans côtés
Durée : 4 heures

Cubature des terrassements : METHODE DES PLANS COTÉS

Conditions de réalisation

Pour la construction d'un bâtiment industriel, on doit réaliser une plateforme de terrassement de 80 m x 100 m, selon la vue en plan suivante :





Un levé de terrain préalable a été effectué suivant un quadrillage à mailles carrées de 20 m de côté, adapté au relief du terrain naturel et à la précision souhaitée.
L'altitude du point A est de 250,300 m NGM.

Points	Lectures	Altitude du plan de visée	Altitude des points nivelés	Profondeur à terrasser
A	1.480	**251.780**	250,300	
B	1.605	"		
C	1.575	"		
D	1.600	"		
a	1.450	"		
b	1.382	"		
c	1.475	"		
d	1.523	"		
e	1.605	"		
f	1.558	"		
g	1.485	"		
h	1.520	"		
i	1.552	"		
j	1.590	"		
k	1.750	"		
l	1.705	"		
m	1.620	"		
n	1.605	"		
o	1.655	"		
p	1.622	"		
q	1.625	"		
r	1.583	"		
s	1.500	"		
t	1.525	"		
u	1.586	"		
v	1.655	"		
w	1.502	"		
x	1.390	"		
y	1.455	"		
z	1.520	"		

① Calculer l'altitude des points et les profondeurs à terrasser correspondantes.

② Calculer le volume de déblais en place.

Exactitude du raisonnement et des calculs

CORRECTION

Points	Lectures	Altitude du plan de visée	Altitude des points nivelés	Profondeur à terrasser
A	1.480	**251.780**	250.300	0.300
B	1.605	"	250.175	0.175
C	1.575	"	250.205	0.205
D	1.600	"	250.180	0.180
a	1.450	"	250.330	0.330
b	1.382	"	250.398	0.398
c	1.475	"	250.305	0.305
d	1.523	"	250.257	0.257
e	1.605	"	250.175	0.175
f	1.558	"	250.222	0.222
g	1.485	"	250.295	0.295
h	1.520	"	250.260	0.260
i	1.552	"	250.228	0.228
j	1.590	"	250.190	0.190
k	1.750	"	250.030	0.030
l	1.705	"	250.075	0.075
m	1.620	"	250.160	0.160
n	1.605	"	250.175	0.175
o	1.655	"	250.125	0.125
p	1.622	"	250.158	0.158
q	1.625	"	250.155	0.155
r	1.583	"	250.197	0.197
s	1.500	"	250.280	0.280
t	1.525	"	250.255	0.255
u	1.586	"	250.194	0.194
v	1.655	"	250.125	0.125
w	1.502	"	250.278	0.278
x	1.390	"	250.390	0.390
y	1.455	"	250.325	0.325
z	1.520	"	250.260	0.260
				6.702

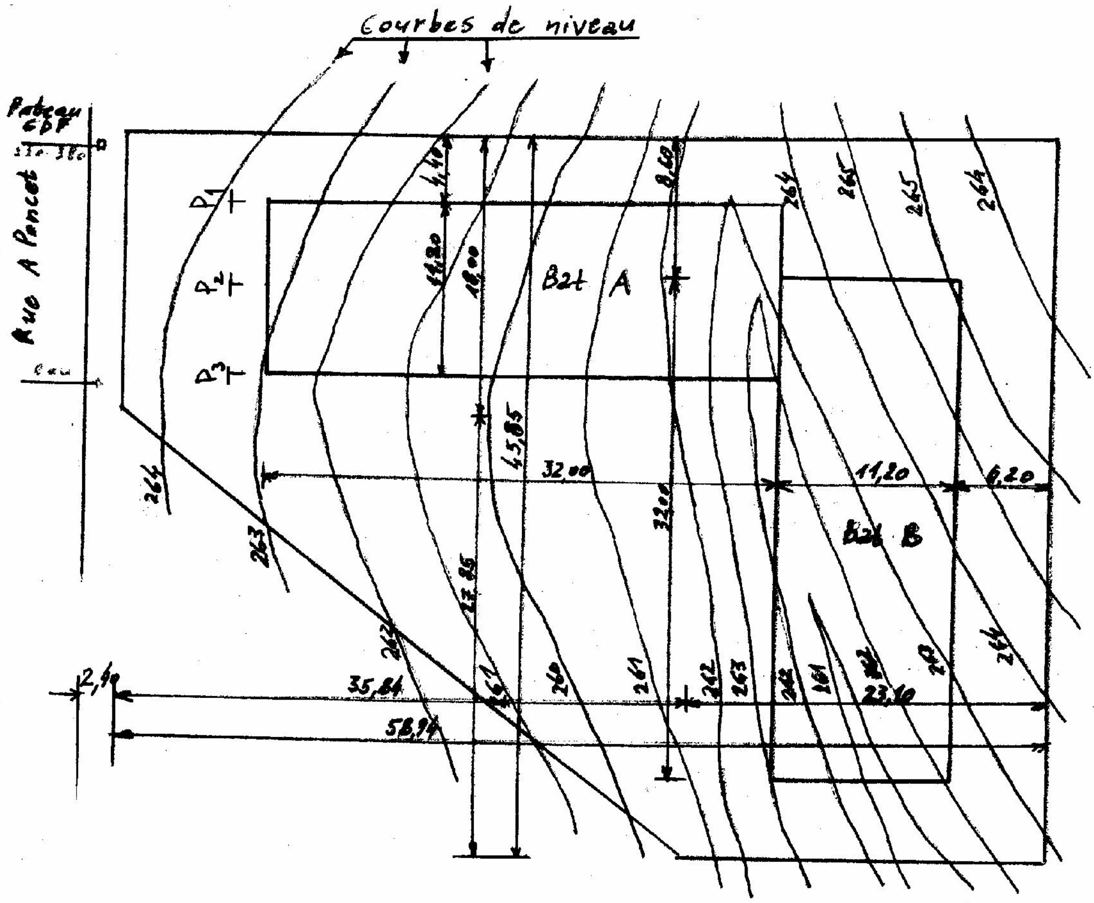
V = 80,00 x 100,00 x 6,702/30 = **1787,200 m³**

TPN°8 : Cubature des terrassement : méthode des profils
Durée : 8 heures

Cubature des terrassements : METHODE DES PROFILS

Conditions de réalisation

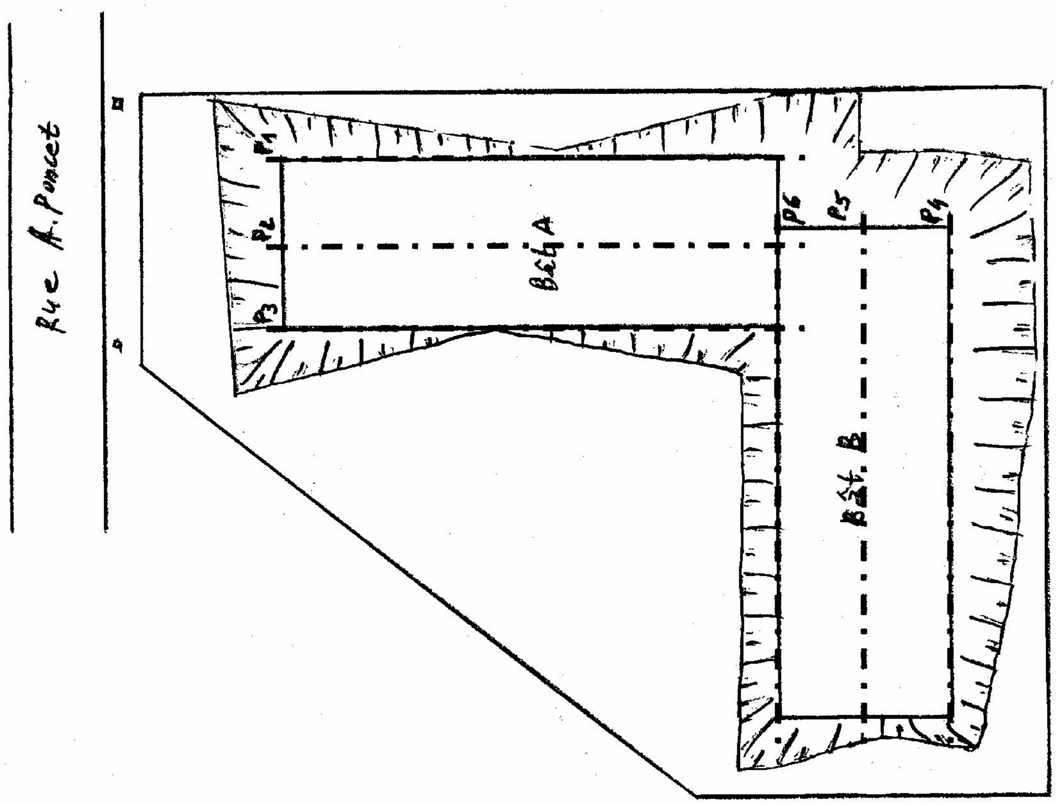
Soit à calculer le volume de l'excavation pour la construction des bâtiments A et B selon le plan schématique ci-dessous :



La cote du fond de l'excavation est à 259,80 m.

Pour faciliter les calculs, nous utiliserons 3 profils sur chaque bâtiment, et prendrons un plan de référence à la cote 260,00 m. Il suffira ensuite d'ajouter 20 cm aux hauteurs.

On donne les profils P_1, P_2 et P_3.



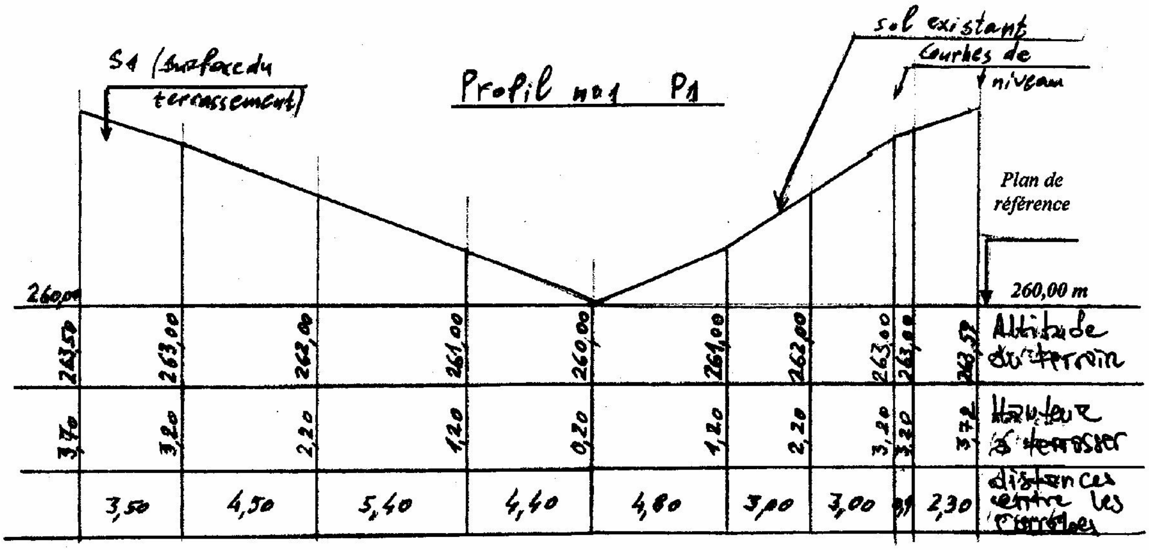
① Représenter schématiquement les profils P_4, P_5 et P_6. (les cotes seront mesurées sur le plan)

② Calculer la surface de chaque profil.

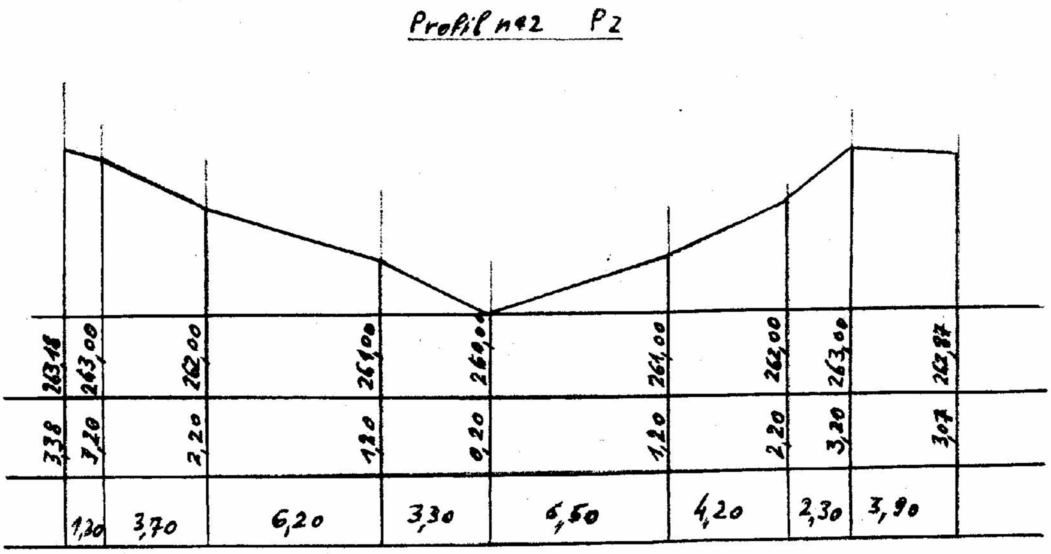
② Calculer le volume de déblais à excaver, sachant que les talus périphériques représentent 245 m^3.

Exactitude du tracé des profils

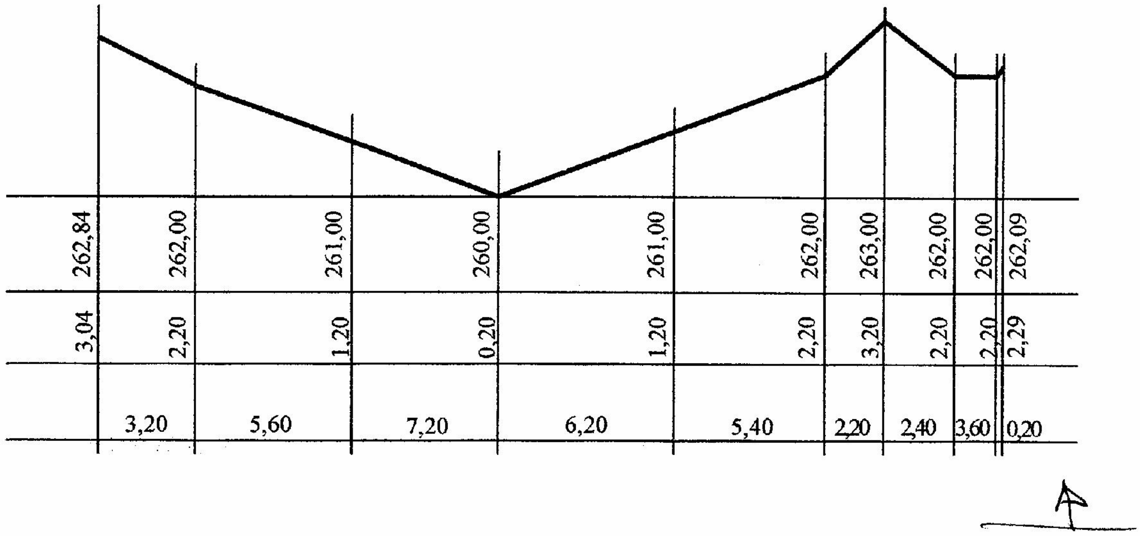
Exactitude des calculs de surfaces et de volumes.



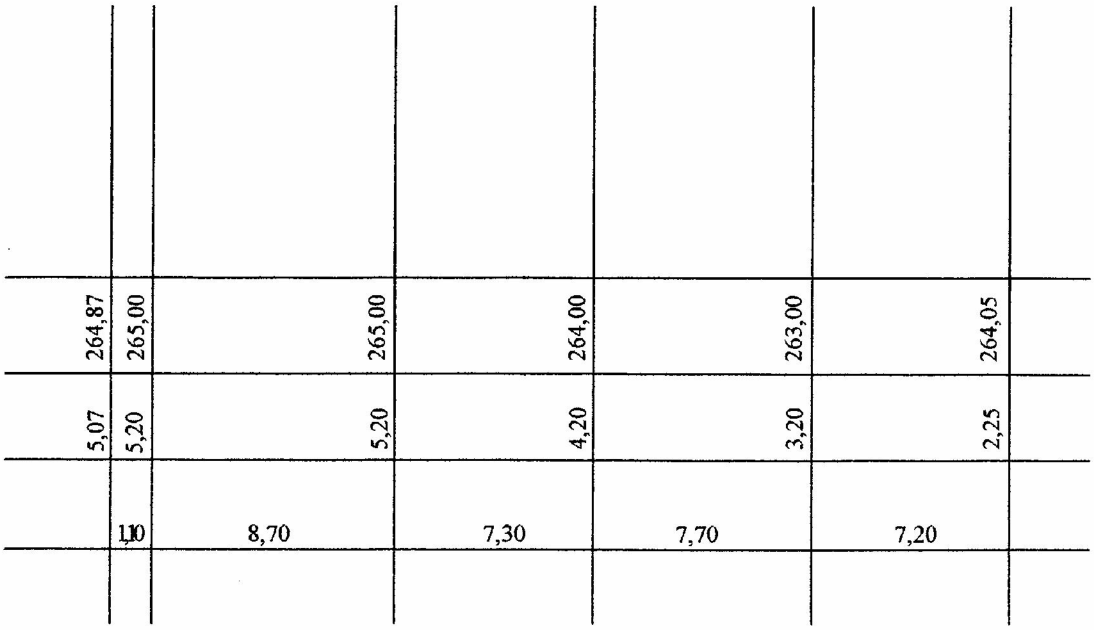
L'altitude de la fouille étant à 259,80 m, les hauteurs à terrasser sont donc majorées de 0,20 m



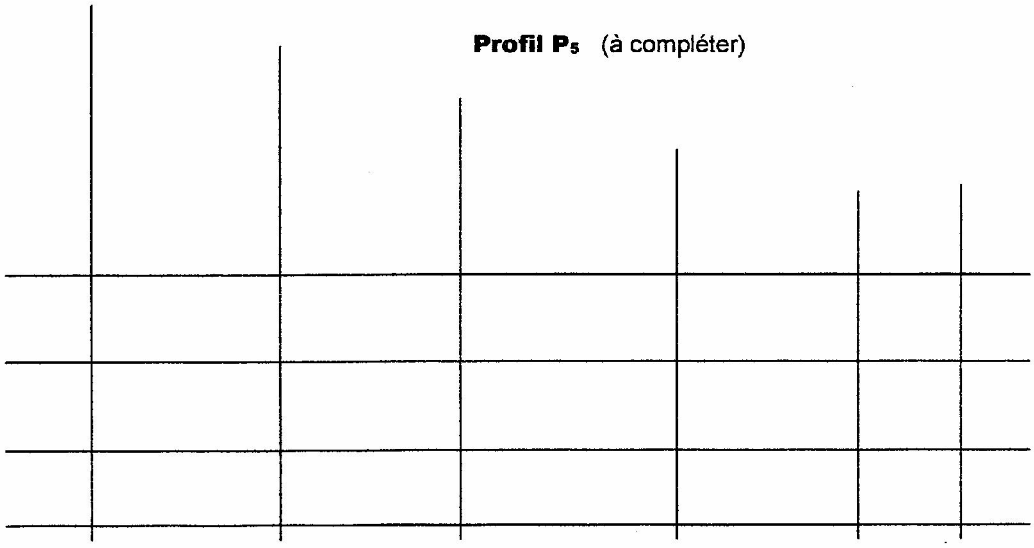
Profil P_3



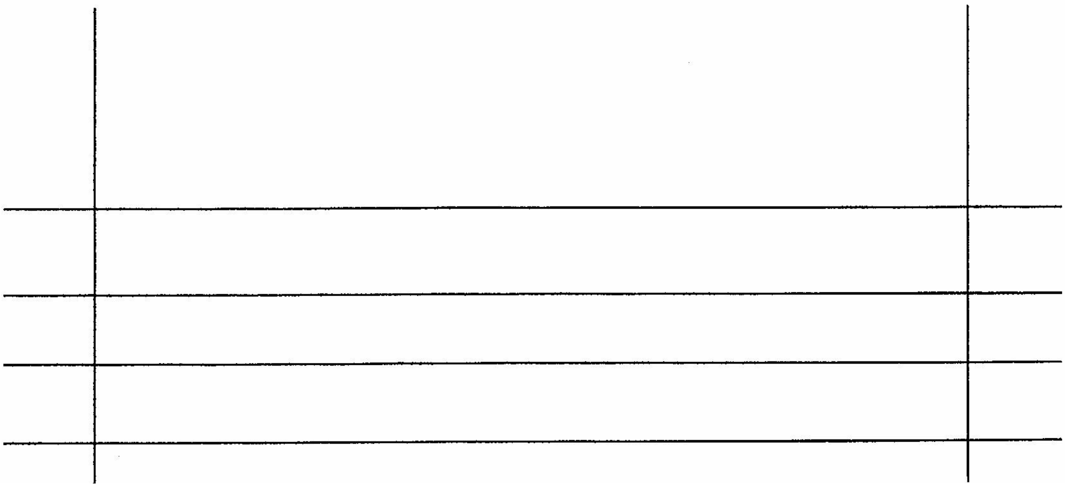
Profil P_4 (à compléter)



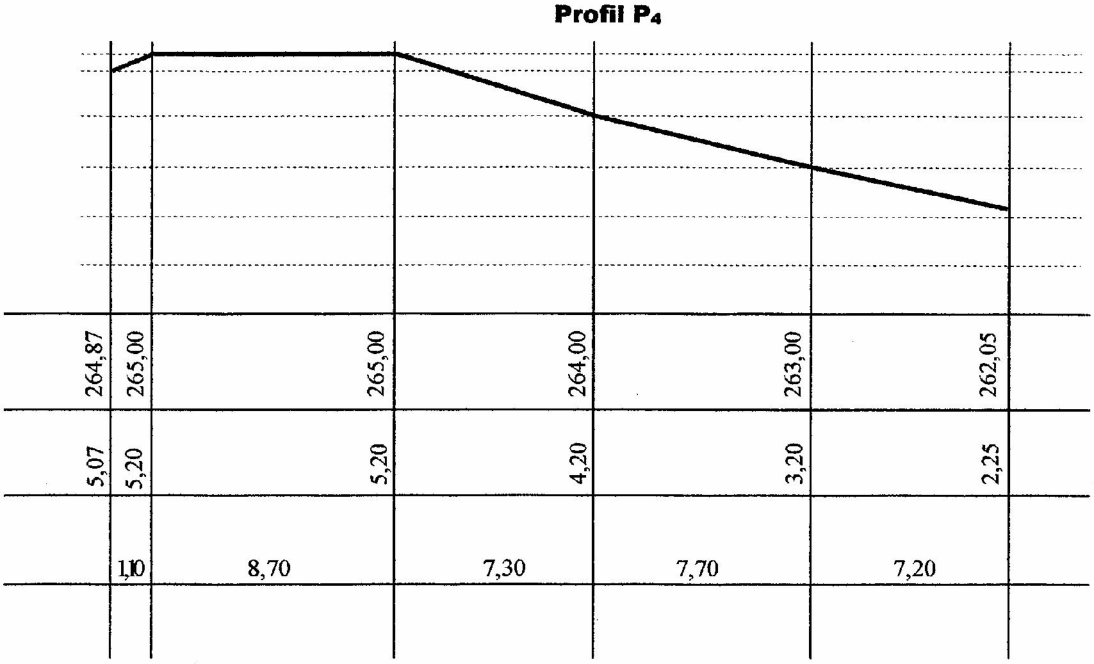
Profil P_5 (à compléter)

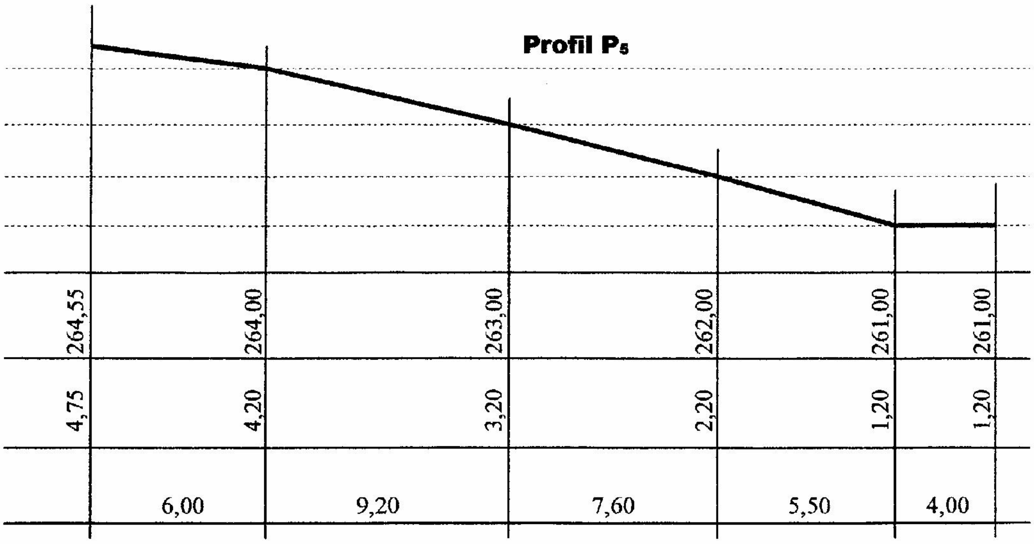


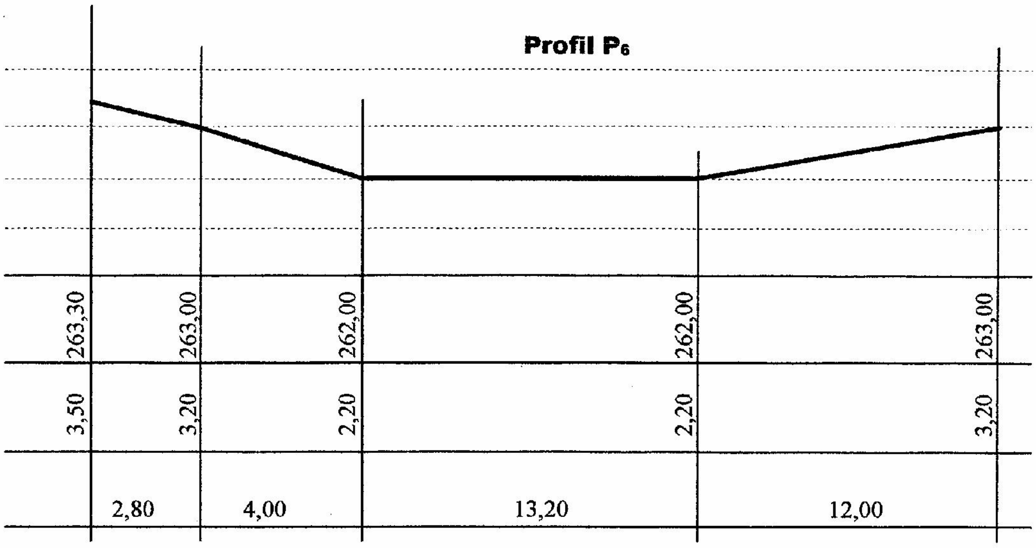
Profil P_6 (à compléter)



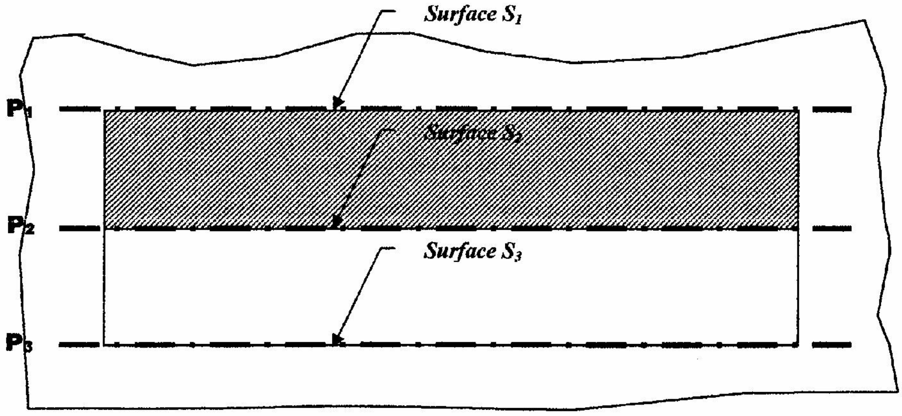
CORRECTION


Profil P4
264,87
265,00
265,00
264,00
263,00
262,05
5,07
5,20
5,20
4,20
3,20
2,25
1,10
8,70
7,30
7,70
7,20


Profil P5
264,55
264,00
263,00
262,00
261,00
261,00
4,75
4,20
3,20
2,20
1,20
1,20
6,00
9,20
7,60
5,50
4,00



Calcul des cubatures :



Calcul de S_1 : Surface du profil P_1

$$\frac{3{,}70+3{,}20}{2}\times 3{,}50+\frac{3{,}20+2{,}20}{2}\times 4{,}90+\frac{2{,}20+1{,}20}{2}\times 5{,}40+\frac{1{,}20+0{,}20}{2}\times 4{,}40+\frac{0{,}20+1{,}20}{2}\times 4{,}80+$$
$$\frac{1{,}20+2{,}20}{2}\times 3{,}00+\frac{2{,}20+3{,}20}{2}\times 3{,}00+3{,}20\times 0{,}70+\frac{3{,}20+3{,}79}{2}\times 2{,}30=\mathbf{64{,}40}\ \text{m}^2$$

Même calcul pour les autres profils

Volume à excaver :

Bât A : $V_A = \frac{S1+S2}{2}\times 5{,}60+\frac{S2+S3}{2}\times 5{,}60$

Bât B : $V_B = \frac{S4+S5}{2}\times 5{,}60+\frac{S5+S6}{2}\times 5{,}60$

Ajouter 245 m^3 pour les talus.

Evaluation fin de module

La Topographie	
1. Quelles sont les axes dans la construction d'un théodolite ?	***3pts.***
2. En quoi on mesure une pente en topographie ?	***2pts.***
3. Pour créer un plan coté on utilise quoi : *a) une roulette* *b) la méthode tachéometrique* *c) l'équerre optique*	***2pts.***
4. Sur le réticule de niveau de chantier vous avez fait de station N_1 les lectures suivantes ; P_1 — P_2 — P_3 — P_4 — P_5 1244 — 1632 — …… — 2010 — ……. ……. — 1260 — 1068 — 1732 — 1896 0832 — …… — 0724 — …… — 1538 *Ajoutez les lectures qui manquent et calculez les distances entre la station N_1 et chaque point.*	***6pts.***
5. Avec un niveau de chantier on peut mesurer : *a) les angles verticaux* *b) les niveaux et les distances*	***2pts.***
6. Nous avons la ligne AB , la direction A vers B , X_A = 109.60 m Y_A = 143.57 m et X_B =129.60 m Y_B =158.57m *Calculez la distance AB.*	***5pts.***
Total :	***20pts.***

Corrigé

1. Ils sont trois :

   - l'axe principal
   - l'axe secondaire (ou axe des tourillons)
   - l'axe de la visée — **3pts.**

2. En pourcentage (%) → i % — **2pts.**

3. b) On utilise la méthode tachéométrie — **2pts.**

4.

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
1244	1632	1412	2010	2254
1038	1260	1068	1732	1896
0832	0888	0724	1454	1538

L_{N1P1} = 1244 - 0832 = 0.412 x 100 = 41.20m.

L_{N1P2} = 1632 - 0888 = 0.744 x 100 = 74.40m.

L_{N1P3} = 1412 – 0724 = 0.688 x 100 = 68.80m.

L_{N1P4} = 2010 -1454 = 0.556 x 100 = 55.60m.

L_{N1P5} = 2254 – 1538 = 0.716 x 100 = 71.60m. — **6pts.**

5. b) Les niveaux et les distances — **2pts.**

6.

ΔX_{AB} = 129.60 – 109.60 = 20.00m.

ΔY_{AB} = 158.57 – 143.57 = 15.00m.

$L_{AB}^2 = \Delta X^2 + \Delta Y^2 = 20.00^2 + 15.00^2 = 625.00$m.

L_{AB} = 25.00m. — **5pts.**

Total : 20pts.

Bibliographie

AUTEUR	TITLE	EDITION
GERARDE DURBEC	METHODES DE LEVE - ALTIMETRIE	1985
SERGE MILLES et JEAN LAGOFUN	TECHNIQUE DE MESURE ET DE REPRESENTATION	1992
MICHEL BRABANT	MAITRISER LA TOPOGRAPHIE	2000
B. DUBUSSON	COURS ÉLÉMÉNTAIRE DE TOPOGRAPHIE	1974
LUCIEN LAPOINTE et GILLES MEYER	TOPOGRAPHIE APPLIQUE AUX TRAVAUX PUBLIQUE, BÂTIMENTS ET LEVERS URBAINS	1991
ERNEST P. LAUZON et ROGER DUQUETTE	TOPOMETRIE GENERALE	1980